



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TE145561

PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM

Sofyan Hadi
NRP 2211 030 021
Faisal Rakhmad
NRP 2211 030 084

Dosen Pembimbing
Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



TUGAS AKHIR - TE145561

PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM

Sofyan Hadi
NRP 2211 030 021
Faisal Rakhmad
NRP 2211 030 084

Dosen Pembimbing
Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT.

PROGRAM STUDI D3 TEKNIK ELEKTRO
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015



FINAL PROJECT - TE145561

REGULATOR OF TEMPERATURE AND HUMIDITY OYSTER MUSHROOM IN MUSHROOM HOUSE MINIATURE

Sofyan Hadi
NRP 2211 030 021
Faisal Rakhmad
NRP 2211 030 084

Counsellor
Ir. Rushdhianto Effendie. AK., MT.

*Electrical Engineering D3 Program
Industrial Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015*



FINAL PROJECT - TE145561

REGULATOR OF TEMPERATURE AND HUMIDITY OYSTER MUSHROOM IN MUSHROOM HOUSE MINIATURE

Sofyan Hadi
NRP 2211 030 021
Faisal Rakhmad
NRP 2211 030 084

Counsellor
Ir. Rushdhianto Effendie. AK., MT.

*Electrical Engineering D3 Program
Industrial Technology Faculty
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2015*

**PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN
PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Guna Memenuhi Sebagian Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Ahli Madya**

Pada

**Bidang Studi Komputer Kontrol
Program Studi D3 Teknik Elektro**

**Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**



**Menyetujui :
Dosen Pembimbing,**

Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT.

NIP. 195704241985021001

**SURABAYA
JANUARI, 2015**

“PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM”

Nama Mahasiswa : Sofyan Hadi
Nrp : 2211030021
Nama Mahasiswa : Faisal Rakhmad
Nrp : 2211030084
Dosen Pembimbing : Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT.
NIP : 195704241985021001

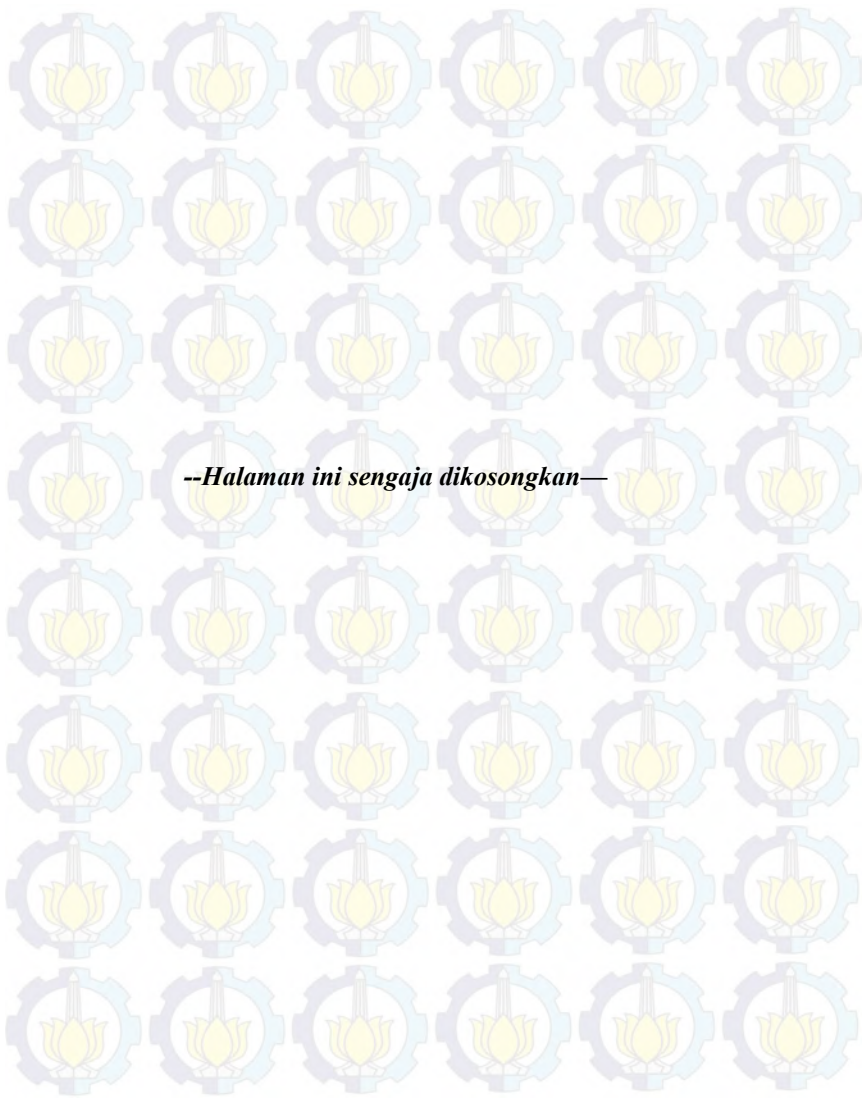
ABSTRAK

Budidaya jamur tiram dilakukan di daerah dataran tinggi yang memiliki temperatur yang rendah sedangkan pada daerah dataran rendah dibudidayakan pada kumbung-kumbung jamur. Agar pertumbuhan jamur dalam kumbung dapat optimal maka suhu dan kelembaban dari kumbung harus dijaga sesuai dengan kondisi alamnya. Di dataran rendah, pengaturan suhu dan kelembaban kumbung jamur masih dilakukan secara manual, sehingga kontrol otomatis diperlukan untuk mengatur suhu dan kelembaban kumbung jamur agar meringankan kerja petani jamur.

Untuk menjaga kondisi kumbung yang ideal yaitu ruang budidaya yang memiliki suhu dan kelembaban $\pm 30^{\circ}\text{C}$ dan 80% – 90% RH, diperlukan alat berupa *sprayer* atau *humidifier* dan *blower* serta sensor SHT 11 untuk *men-sensing* dari suhu dan kelembaban ruang. Alat ini akan mengatur suhu dan kelembaban pada miniatur kumbung jamur secara otomatis, jika sensor SHT11 mendeteksi suhu $> 30^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban $< 70\%$, maka *water cooler* dan *humidifier* akan aktif secara otomatis sehingga akan mendinginkan dan melembabkan ruang kumbung jamur.

Pengaturan suhu dan kelembaban dengan menggunakan *water cooler* dan *humidifier* didapatkan hasil *error* sebesar 0,73% untuk suhu dan 0,13% untuk kelembaban. Dengan pengaturan ini didapat hasil penurunan suhu dan kelembaban dari suhu 35°C dan kelembaban 54,51% ke suhu $30,98^{\circ}\text{C}$ dan kelembaban 70,15% dapat dilakukan selama 1,5 menit.

Kata Kunci : Jamur Tiram, Suhu dan Kelembaban, SHT11



“REGULATOR OF TEMPERATURE AND HUMIDITY OYSTER MUSHROOM IN MUSHROOM HOUSE MINIATURE”

Student Name : Sofyan Hadi
ID Number : 2211030021
Student Name : Faisal Rakhmad
ID Number : 2211030084
Lecturer Counsellor : Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT.
ID Number : 195704241985021001

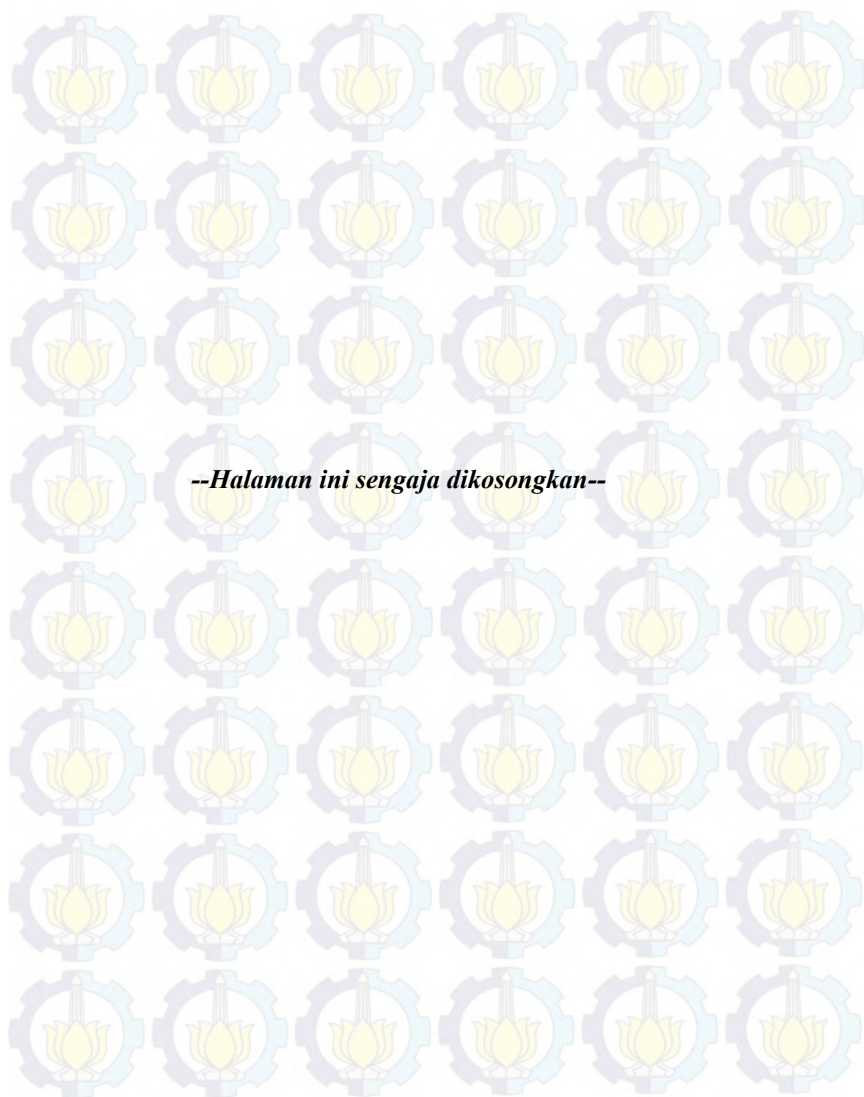
ABSTRACT

Oyster mushroom cultivation is done in upland areas which have a low temperature, while the low-lying areas on the mushroom-mushroom cultivated mushroom. In order for mold growth in the mushroom house optimal temperature and humidity of the mushroom house should be maintained in accordance with its natural condition. In the lowlands, the setting temperature and humidity mushroom fungus is still done manually, so the automatic control is needed to regulate the temperature and humidity in order to lighten the work of mushroom mushroom mushroom growers.

To maintain ideal conditions ie mushroom cultivation chamber having a temperature and humidity $\pm 30^{\circ}\text{C}$ and 80% - 90% RH, the necessary equipment such as a sprayer or humidifiers and blowers and sensors SHT 11 for sensing of temperature and humidity chamber. This tool will set the temperature and the miniature mushroom mushrooms kelambaban automatically, if the SHT11 sensor detects temperature $>30^{\circ}\text{C}$ and humidity $<70\%$, then the water cooler and humidifier will be activated automatically, so be cool and humidify the room mushroom fungus.

Setting the temperature and humidity using a water cooler and humidifier showed error of 0.73% to 0.13% for the temperature and humidity. With this arrangement the result of a decrease in temperature and humidity temperature of 35°C and humidity of 54.51% to a temperature of 30.98°C and 70.15% humidity can be performed for 1.5 minutes.

Keyword : Oyster Mushroom, Temperature and Humidity, SHT11



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul :

“PENGATUR SUHU DAN KELEMBABAN PADA MINIATUR KUMBUNG JAMUR TIRAM“

Dengan penyusunan tugas akhir ini penyusun tidak terlepas dari bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis hendak menyampaikan rasa terima kasih kepada pihak – pihak yang telah membantu. Ucapan terima kasih ini kami sampaikan kepada :

1. Allah SWT yang telah memberi rahmatNya dalam pembuatan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan penuh dan teladan bagi penulis.
3. Bapak Ir. Rusdhianto Effendie AK.,MT. selaku Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktunya untuk membimbing penulis dalam pembuatan tugas akhir ini.
4. Teman – teman angkatan 2011 atas dukungan semangat dan kerjasamanya.

Akhir kata semoga buku ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, Januari 2015

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	1
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Sistematika Pembahasan.....	2
1.6 Relevansi.....	3
BAB II TEORI PENUNJANG	
2.1. Jamur Tiram.....	5
2.2. Teori Kelembaban.....	6
2.3. <i>Power Supply</i>	6
2.3.1 IC Regulator 7805 dan 7812.....	6
2.3.2 Transistor TIP 3055.....	7
2.3.3 Dioda <i>Bridge</i>	8
2.4. Mikrokontroler ATmega 16.....	8
2.3 Modul SHT11.....	10
2.4 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	11
2.5 <i>Driver Relay</i>	12
2.5.1 Transistor BC547.....	12
2.5.2 Dioda 1N4002.....	13
2.6 <i>Relay</i>	13
2.7 <i>Water Cooler</i>	15
2.8 <i>Humidifier</i>	15
2.9 <i>Codevision AVR</i>	16
BAB III PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT	
3.1 Diagram Fungsional Alat.....	19
3.2 Perancangan dan Pembuatan Mekanik.....	20

3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras (<i>Hardware</i>).....	21
3.3.1 Perancangan Rangkaian <i>Power Supply</i>	21
3.3.2 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler	22
3.3.3 Perancangan Modul SHT11	23
3.3.4 Perancangan Rangkaian LCD.....	24
3.3.5 Perancangan <i>Driver Relay</i>	25
3.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak (<i>Software</i>).....	25
3.4.1 <i>Flowchart</i>	26

BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

4.1 Pengujian <i>Power Supply</i>	29
4.2 Pengujian Sistem Minimum	30
4.2.1 Pengujian <i>Port-port</i> Mikrokontroler.....	31
4.3 Pengujian Modul SHT11	31
4.4 Pengujian Rangkaian <i>Relay</i>	32
4.5 Pengujian Keseluruhan	33

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	35
5.2. Saran	35

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A *LISTING PROGRAM*

LAMPIRAN B *DATASHEET*.....

LAMPIRAN C BENTUK ALAT.....

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin SHT11	11
Tabel 3.1 Pembagian <i>Port-port</i> Mikrokontroler	23
Tabel 3.2 Fungsi Pin SHT11	24
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran <i>Power Supply</i>	30
Tabel 4.2 Pengujian <i>Port-port</i> Mikrokontroler	31
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Modul SHT11.....	32
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Rangkaian <i>Relay</i>	33
Tabel 4.5 Pengamatan Perubahan Suhu dan Kelembaban.....	34



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jamur Tiram	5
Gambar 2.2	IC 7805	7
Gambar 2.3	IC 7812	7
Gambar 2.4	TIP 3055	8
Gambar 2.5	Rangkaian Dioda <i>Bridge</i>	8
Gambar 2.6	Konfigurasi Pin ATmega 16	9
Gambar 2.7	Modul SHT11	11
Gambar 2.8	LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	12
Gambar 2.9	Transistor BC547	13
Gambar 2.10	Dioda 1N4002	13
Gambar 2.11	<i>Relay</i> 5 Pin	14
Gambar 2.12	<i>Water Cooler</i>	15
Gambar 2.13	<i>Bottle Caps Humidifier</i>	16
Gambar 2.14	Tampilan <i>Codevision AVR</i>	17
Gambar 3.1	Diagram Sistem Alat	20
Gambar 3.2	Desain Kumbung Jamur	20
Gambar 3.3	<i>Power Supply</i> 5 Volt	21
Gambar 3.4	<i>Power Supply</i> 12 Volt	22
Gambar 3.5	Skematik Rangkaian Mikrokontroler	22
Gambar 3.6	Rangkaian SHT11 dan LCD	23
Gambar 3.7	Konfigurasi Pin SHT11	23
Gambar 3.8	Rangkaian SHT11 Pada <i>Guide Book</i>	24
Gambar 3.9	Skematik LCD	25
Gambar 3.10	Rangkaian <i>Driver Relay</i>	25
Gambar 3.13	<i>Flowchart</i>	26
Gambar 4.1	Mekanik <i>Hardware</i>	29
Gambar 4.2	<i>Power Supply</i> 5 V dan 12 V	29
Gambar 4.3	Alat Ukur Pembanding Suhu dan Kelembaban	32
Gambar 4.4	Rangkaian <i>Relay</i>	33



DAFTAR PUSTAKA

- [1], **Jenis-jenis Jamur Konsumsi**, <URL: http://rizqialam.net/site_jenis-jenis-jamur-yang-dapat-dikonsumsi.xhtml/>, 05 September 2014.
- [2], **Materi Jamur Tiram**, <URL: http://id.wikipedia.org/wiki/Jamur_tiram>, 05 September 2014.
- [3], **Kelembaban**, <URL: <http://id.wikipedia.org/wiki/Kelembapan>>, 12 Desember 2014.
- [4], **Rangkaian Power Supply**, <URL: <http://komponenelektronika.biz/rangkaian-power-supply.html>>, 07 Desember 2014.
- [5] Andrianto, Heri, **Pemrograman Mikrokontroler AVR ATmega 16 Menggunakan Bahasa C**, Informatika, Bandung, 2013.
- [6], **Sensirion Temperatur/Humidity Sensor (SHT11)**, <URL: <http://www.robotronix.co.id/sensirion-temperature-humidity-sensor-sht11.html>>, 13 Desember 2014.
- [7], **Mengenal Mikrokontroler AVR ATmega 16**, <URL : <http://ilmukomputer.org/wp-content/uploads/2008/08/sholihul-atmega16.pdf>>, 13 Mei 2014.
- [8], **Pelembab Ruangan Machine Ultrasonic Humidifier**, <URL: <http://www.mesinraya.co.id/pelembab-ruangan-machine-ultrasonic-humidifier-solusinya.html>>, 15 Desember 2014.



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Sofyan Hadi
TTL : Surabaya, 13 Februari 1993
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat Rumah : Bratang Satu IF/10, Surabaya
Telp/HP : 085733533736
E-mail : cyberfyan@gmail.com
Hobi : Futsal

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1999 – 2005 : SDN Ngagel Rejo 2 Surabaya
- 2005– 2008 : SMP Negeri 39 Surabaya
- 2008 – 2011 : SMK Rajasa Surabaya
- 2011 – sekarang : Bidang Studi Komputer Kontrol, Program D3 Teknik Elektro, FTI-ITS

PENGALAMAN KERJA

Kerja Praktek di PT. PJB UBJ O&M PLTU PAITON BARU (Juli – Agustus 2013).

PENGALAMAN ORGANISASI

- Staf Departemen Dalam Negeri HIMAD3TEKTRO 2012 – 2013
- KaBid Olahraga Divisi Minat Bakat HIMAD3TEKTRO 2013 – 2014



RIWAYAT HIDUP PENULIS



Nama : Faisal Rakhmad
TTL : Jombang, 25 Maret 1992
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Islam
Alamat : Diwek Jombang 61471
Telp/HP : 087856517440
E-mail : faisal.rakh@gmail.com
Hobi : Membaca, olahraga, jalan-jalan.

RIWAYAT PENDIDIKAN

- 1999 – 2005 : SDN Plandi II
- 2005 – 2008 : SMPN 2 Jombang
- 2008 – 2011 : SMA PGRI 1 Jombang
- 2011 – sekarang : Bidang Studi Komputer Kontrol, Program D3 Teknik Elektro, FTI-ITS

PENGALAMAN KERJA

- Kerja Praktek di PT. PJB UPHT, Gresik (Juli - Agustus 2013)

PENGALAMAN ORGANISASI

- Staf Badan Semi Otonom Lembaga Dakwah Jurusan Salman Al Farisi 2012 – 2013
- Staf Departemen Dalam Negeri HIMAD3TEKTRO 2012-2013
- Kabiro Departemen Dalam Negeri HIMAD3TEKTRO 2012-2013



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam rangka memenuhi kebutuhan pangan, manusia terus berupaya mengembangkan dan meneliti jenis sumber makanan baru. Jamur yang dulunya berupa tanaman liar kini menjadi sumber nutrisi yang tinggi bagi manusia. Penelitian tentang jamur yang dapat dikonsumsi telah banyak dilakukan, diantaranya jamur merang (*Volvariella volvacea*), jamur Champignon (*Agaricus bitorquis*) jamur kayu seperti jamur kuping (*Auricularia, Sp.*) jamur Shiitake/payung (*Lentinus edodes*) dan jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*). Jamur tiram memiliki kandungan nutrisi lebih tinggi dibandingkan dengan jenis jamur kayu lainnya.^[1]

Secara alami, jamur tiram ditemukan di hutan dibawah pohon berdaun lebar atau di bawah tanaman berkayu yang memiliki suhu lingkungan sekitar 16 - 22°C dan kelembaban 80 – 90%. Untuk melakukan budidaya jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) di daerah dataran rendah (suhu $\pm 30^{\circ}\text{C}$), diperlukan perlakuan khusus terhadap kumbung jamur yaitu dilakukan pengontrolan suhu dan kelembaban pada ruang penanaman sehingga kondisi ideal untuk pertumbuhan jamur dapat terpenuhi. Hasil produktifitas jamur sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan kelembaban.^[2]

Pada tempat budidaya jamur tiram yang ada pada kawasan dataran rendah sangat bergantung pada kondisi cuaca sekitar. Suhu dan kelembaban optimal agar pertumbuhan jamur tiram normal adalah 23° - 30° C dan 70% - 90 % RH. Sehubungan dengan hal tersebut penulis merancang alat dengan judul “Pengatur Suhu dan Kelembaban pada Miniatur Kumbung Jamur Tiram”.

1.2 Permasalahan

Permasalahan utama yang akan dibahas pada Tugas Akhir ini adalah bagaimana cara mengatur suhu dan kelembaban pada miniatur kumbung jamur secara otomatis untuk menjaga keoptimalan pertumbuhan jamur tiram di daerah dataran rendah.

1.3 Batasan Masalah

1. Kumbung jamur berupa miniatur berbentuk kubus dengan ukuran 60 cm x 60 cm x 60 cm.
2. Pelembab kumbung jamur berupa *bottle caps humidifier* .

3. Pengatur suhu kumbung jamur berupa *water cooler*.
4. Suhu dan kelembaban diatur pada titik 31° C dan 69% RH.
5. Jamur tiram yang digunakan adalah bibit jamur tiram yang sudah tumbuh.
6. Alat yang dibuat tidak untuk menganalisa pertumbuhan dan perkembangan jamur tiram.

1.4 Tujuan

Tujuan yang akan dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menjelaskan bagaimana pengaturan suhu dan kelembaban pada titik yang sudah ditentukan.
2. Merancang sebuah alat pengatur suhu dan kelembaban otomatis yang menggunakan mikrokontroler.

1.5 Sistematika Pembahasan

Dalam penyusunan buku Tugas Akhir ini, pembahasan mengenai sistem alat yang dibuat dibagi menjadi lima bab dengan sistematika sebagai berikut :

BAB I : PENDAHULUAN

Dalam bab ini mendiskripsikan tentang latar belakang, permasalahan, batasan masalah, tujuan, ruang lingkup, sistematika laporan, serta relevansi penulisan Tugas Akhir ini.

BAB II : TEORI PENUNJANG

Dalam bab ini berisi penjelasan dasar teori mengenai konsep yang digunakan dalam perancangan Tugas Akhir ini, meliputi pembahasan tentang Mikrokontroler ATmega 16, *Power Supply*, SHT11, LCD, *Driver Relay*, *Relay*, *Water Cooler*, *Humidifier*, dan *CodeVision AVR*.

BAB III : PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

Dalam bab ini akan dibahas secara detail tentang diagram fungsional alat, perancangan dan pembuatan mekanik, perancangan dan pembuatan perangkat keras (*Hardware*) yang meliputi perancangan rangkaian power supply, perancangan rangkaian mikrokontroler, perancangan sensor

suhu dan kelembaban SHT11, perancangan rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*), perancangan *driver relay*, perancangan *water cooler*, dan perancangan *humidifier*. Kemudian perancangan perangkat lunak (*Software*) yang meliputi program menampilkan suhu dan kelembaban pada LCD, dan *flowchart*.

BAB IV : PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Dalam bab ini berisi data-data pengukuran dan pengujian beserta analisa terhadap prinsip kerja dari alat yang dibuat meliputi pengujian *hardware*, *software* dan pengujian keseluruhan.

BAB V : PENUTUP

Dalam bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh dari pembuatan Tugas Akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut.

1.6 Relevansi

Alat ini dapat meringankan pekerjaan petani jamur tiram dalam merawat jamur tiramnya. Karena dengan adanya alat ini petani jamur tiram tidak perlu mengatur kelembaban ruangan secara manual. Serta pertumbuhan dan perkembangan jamur tiram akan terjaga.



BAB II

TEORI PENUNJANG

Pada bab ini menjelaskan mengenai teori – teori pendukung yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan meliputi Teori Jamur Tiram, Teori kelembaban, *Power Supply*, Mikrokontroler ATmega 16, LCD, *Driver Relay*, *Relay*, *Water Cooler*, dan *Humidifier*.

2.1 Jamur Tiram

Di alam bebas, jamur tiram bisa dijumpai hampir sepanjang tahun di hutan pegunungan daerah yang sejuk. Tubuh buah terlihat saling bertumpuk di permukaan batang pohon yang sudah melapuk atau pokok batang pohon yang sudah ditebang karena jamur tiram adalah salah satu jenis jamur kayu. Gambar 2.1 merupakan jamur tiram yang tumbuh secara alami pada media kayu. ^[1]



Gambar 2.1 Jamur Tiram

Dalam budidaya jamur tiram dapat digunakan bahan seperti kompos serbuk gergaji kayu, ampas tebu atau sekam. Hal yang perlu diperhatikan dalam budi daya jamur tiram adalah faktor ketinggian dan persyarataan lingkungan, sumber bahan baku untuk substrat tanam dan sumber bibit. *Miselium* dan tubuh buahnya tumbuh dan berkembang baik pada suhu 23 - 30 °C. Jamur tiram (*Pleurotus ostreatus*) mulai dibudidayakan pada tahun 1900. Budidaya jamur ini tergolong sederhana. Jamur tiram biasanya dipelihara dengan media tanam serbuk gergaji steril yang dikemas dalam kantung plastik. ^[2]

Pada budidaya jamur tiram suhu dan kelembaban udara memegang peranan yang penting untuk mendapatkan pertumbuhan badan buah yang optimal. Pada umumnya suhu yang optimal untuk

pertumbuhan jamur tiram, dibedakan dalam dua fase yaitu fase inkubasi yang memerlukan suhu udara berkisar antara 22 - 28 °C dengan kelembaban 60 - 70 % dan fase pembentukan tubuh buah memerlukan suhu udara antara 16 - 22 °C.^[2]

2.2 Teori Kelembaban

Kelembaban merupakan suatu tingkat keadaan lingkungan udara basah yang disebabkan oleh adanya uap air. Tingkat kejenuhan sangat dipengaruhi oleh temperatur. Jika tekanan uap parsial sama dengan tekanan uap air yang jenuh maka akan terjadi pepadatan. Secara matematis kelembaban relatif (RH) didefinisikan sebagai persentase perbandingan antara tekanan uap air *parsial* dengan tekanan uap air jenuh. Kelembaban dapat diartikan dalam beberapa cara. *Relative Humidity* secara umum mampu mewakili pengertian kelembaban. Untuk mengerti *Relative Humidity* pertama harus diketahui *Absolut Humidity*. *Absolut Humidity* merupakan jumlah uap air pada *volume* udara tertentu yang dipengaruhi oleh temperatur dan tekanan. Pembacaan 100 % RH berarti udara telah saturasi (udara penuh dengan uap air). Kelembaban pada kumbung jamur sangatlah berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur tiram. Maka dari itu kelembaban dalam kumbung jamur harus diperhatikan dengan benar.^[3]

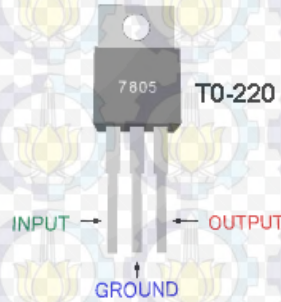
2.3 Power Supply

Power supply atau pencatu daya merupakan rangkaian elektronika yang dapat menghasilkan energi listrik atau sebagai sumber energi untuk rangkaian elektronika lainnya. Sumber arus dari *power supply* adalah arus bolak-balik (AC) dari pembangkit listrik yang kemudian diubah menjadi arus searah (DC). Untuk dapat melakukan hal tersebut *power supply* memerlukan perangkat yang bisa mengubah arus ac menjadi dc. Untuk memperoleh tegangan dc asli diperlukan beberapa rangkaian pendukung lainnya.^[4]

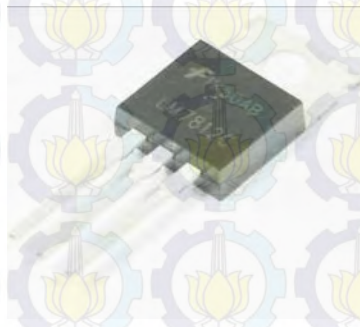
2.3.1 IC Regulator 7805 dan 7812

Regulator merupakan suatu rangkaian elektronika yang memiliki fungsi untuk mengatur agar tegangan keluaran yang dihasilkan tetap berada pada posisi yang ditentukan walau tegangan masukannya berubah-ubah. Rangkaian *regulator* tegangan ini kemudian dibuat di dalam bentuk IC (*integrated circuit*). IC *regulator* 7805 adalah *regulator* tegangan yang memiliki *output* +5

Volt. Sedangkan IC *regulator* 7812 adalah *regulator* tegangan yang memiliki *output* +12 Volt. Untuk memudahkan dalam mengingat tegangan *output* dari *regulator* tegangan seri 78xx adalah dua angka terakhir dari nomer tersebut. Gambar 2.2 dan gambar 2.3 di bawah ini adalah bentuk dari IC *regulator* 7805 dan 7812.^[4]



Gambar 2.2 IC 7805

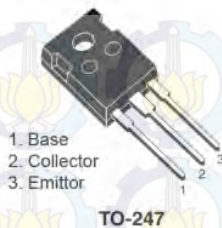


Gambar 2.3 IC 7812

2.3.2 Transistor TIP 3055

Transistor TIP 3055 merupakan jenis transistor NPN. Transistor jenis ini memiliki tegangan kolektor-emitor maksimal 60V, untuk itu digunakan tegangan *power supply* +42V agar aman. Transistor ini tetap bekerja pada *Safe Operating Area* (SOA)-nya. Fungsi dari transistor TIP 3055 ini yaitu sebagai penguat arus karena arus terdisipasi oleh IC 78xx dan *potensiometer*. Bentuk dari transistor TIP 3055 adalah seperti yang terlihat pada gambar 2.4.^[4]

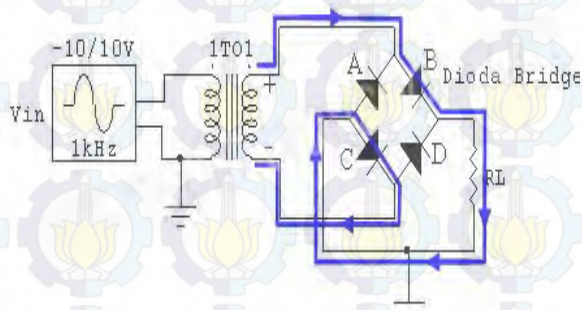
TIP3055



Gambar 2.4 TIP 3055

2.3.3 Dioda Bridge

Dioda *bridge* atau jembatan dioda merupakan rangkaian yang digunakan untuk menyearahkan arus (*rectifier*) dari AC ke DC seperti pada *power supply*. Jembatan dioda merupakan gabungan dari empat atau lebih dioda yang membentuk sebuah jembatan konfigurasi yang menyediakan polaritas *output* dan polaritas *input* ketika digunakan dalam aplikasi yang paling umum konversi dari arus bolak balik. Rangkaian dari jembatan *diode bridge* terlihat seperti pada gambar 2.5. Pada *dioda bridge*, hanya terdapat 2 dioda saja yang menghantarkan arus untuk setiap siklus tegangan AC sedangkan 2 dioda lainnya bersifat sebagai *isolator* pada saat siklus yang sama.^[4]



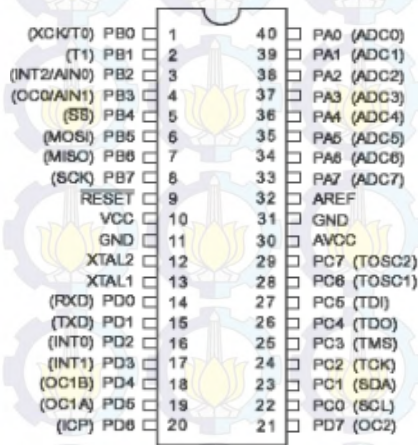
Gambar 2.5 Rangkaian Dioda Bridge^[4]

2.4 Mikrokontroler Atmega 16

Mikrokontroler adalah sebuah sistem komputer lengkap dalam satu serpih (*chip*). Mikrokontroler lebih dari sekedar sebuah

mikroprosesor karena sudah terdapat atau berisikan ROM (*Read-Only Memory*), RAM (*Read-Write Memory*).^[7]

Seperti mikroprosesor pada umumnya, secara *internal* mikrokontroler ATmega16 terdiri atas unit-unit fungsional *Arithmetic and Logical Unit* (ALU), himpunan *register* kerja, *register* dan dekoder instruksi, dan pewaktu beserta komponen kendali lainnya. Berbeda dengan mikroprosesor, mikrokontroler menyediakan memori dalam serpih yang sama dengan prosesornya (*in chip*). ATmega16 sendiri memiliki 40 buah pin, konfigurasi pin dari ATmega16 terlihat di gambar 2.6 berikut.^[5]



Gambar 2.6 Konfigurasi pin ATmega16.^[7]

Keterangan masing-masing pin adalah sebagai berikut:

1. Pin 10 merupakan *input* tegangan positif VCC pada mikrokontroler. Berdasarkan *datasheet*, tegangan pada mikrokontroler ATmega16 yang diperbolehkan adalah sebesar 5 Volt. Sehingga diperlukan ic *regulator* 7805.
2. Pin 11 dan 31 sebagai pin *ground*.
3. Pin 33 sampai 40 (*Port A*) merupakan pin I/O dua arah. Dapat digunakan sebagai *input* maupun *output*. Fungsi khusus dari *Port A* adalah sebagai *input* ADC.
4. Pin 1 sampai 8 (*Port B*) merupakan pin I/O dua arah dan pin fungsi khusus, yaitu *Timer/Counter*, komparator *analog*, dan SPI.

5. Pin 22 sampai 29 (*Port C*) merupakan pin I/O dua arah dan pin khusus yaitu TWI, komparator analog, dan *Timer Osilator*.
6. Pin 14 sampai 20 (*Port D*) merupakan pin I/O dua arah. Bisa dijadikan *input* maupun *output* dan mempunyai fungsi khusus yaitu untuk berkomunikasi dengan mikrokontroler lain melalui *transmitter* dan *receiver*. *Port D* juga dapat digunakan untuk keluaran PWM yaitu pada pin D.4 dan pin D.5
7. Pin 9 adalah *reset*. *Reset* merupakan pin yang digunakan untuk *me-reset* mikrokontroler ke kondisi semula.
8. Pin 12 dan 13 adalah XTAL 1 dan XTAL 2. Pin ini digunakan sebagai pin masukan *clock* eksternal. Suatu mikrokontroler membutuhkan sumber detak (*clock*) agar dapat mengeksekusi intruksi yang ada di memori. Semakin tinggi nilai kristalnya, maka semakin cepat pula mikrokontroler tersebut dalam mengeksekusi program.
9. Pin 30 adalah pin AVCC yang berfungsi sebagai pin masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF sebagai pin masukan tegangan referensi untuk ADC.^[7]

2.5 Modul SHT11

Modul SHT11 sendiri adalah suatu modul sensor suhu dan kelembaban yang berbasis Senserion SHT11. Modul ini dapat diaplikasikan dalam sistem pengendali suhu dalam ruang. Modul sensor SHT11 ini membutuhkan *supply* daya 5 VDC. Modul sensor SHT11 memiliki 8 pin. Konfigurasi pin modul sensor SHT11 dapat dilihat pada tabel di bawah.

Spesifikasi dari modul SHT11 sebagai berikut:

1. Berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif Sensirion SHT11.
2. Mengukur suhu dari -40C hingga +123,8C, atau dari -40F hingga +254,9F dan kelembaban relatif dari 0%RH hingga 1%RH.
3. Memiliki ketetapan (akurasi) pengukuran suhu hingga 0,5C pada suhu 25C dan ketepatan (akurasi) pengukuran kelembaban relatif hingga 3,5%RH.
4. Memiliki atarmuka serial synchronous 2-wire, bukan I2C.
5. Jalur antarmuka telah dilengkapi dengan rangkaian pencegah kondisi sensor lock-up.

6. Membutuhkan catu daya +5V DC dengan konsumsi daya rendah $30 \mu\text{W}$.
7. Modul ini memiliki faktor bentuk 8 pin DIP 0,6 sehingga memudahkan pemasangannya.^[6]

Gambar 2.7 berikut ini adalah bentuk dari modul SHT11.



Gambar 2.7 Modul SHT11.^[6]

Tabel 2.1 berikut konfigurasi pin SHT11.^[6]

Tabel 2.1 Konfigurasi Pin SHT11

Pin	Fungsi
1	Data
3	Clock
4	Ground
8	+5 VDC

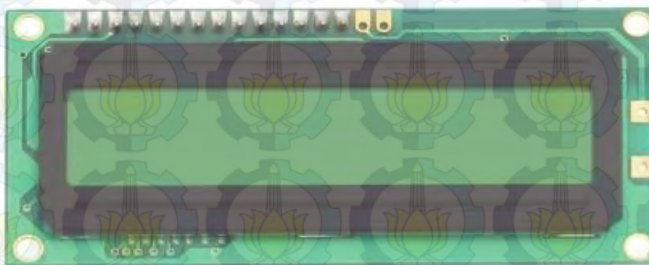
2.6 LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) layar adalah modul layar elektronik yang digunakan dalam berbagai aplikasi. Layar LCD merupakan modul dasar yang digunakan bersama dengan perangkat masukan atau keluaran elektronik yang lain. LCD layar lebih banyak diminati dibandingkan layar 7 ruas (*7 segment*) karena fungsinya yang banyak digunakan, mudah untuk diprogram, tidak memiliki batasan untuk menampilkan karakter dan hanya juga dapat

diprogram untuk menampilkan animasi yang diinginkan serta tampilan yang lebih jelas.

LCD 16x2 seperti diatas dapat menampilkan 16 karakter per baris dan memiliki 2 baris layar. Setiap karakter akan ditampilkan dalam 5x7 *pixel matrix*. LCD jenis ini memiliki dua *register*, yaitu perintah (*command*) dan data.

Register arah berfungsi menyimpan perintah yang diberikan kepada LCD. *Command* adalah perintah yang diberikan untuk LCD untuk melakukan tugas yang telah ditetapkan seperti menganalisis perintah, menulis dan menghapus karakter, mengubah posisi *cursor* dan berbagai perintah lagi. Data *register* menyimpan data yang akan ditampilkan pada LCD. Data *register* pula berfungsi untuk menyimpan data yang akan ditampilkan pada layar LCD. Data adalah nilai karakter ASCII yang akan ditampilkan pada LCD. Gambar 2.8 di bawah ini adalah bentuk dari LCD 16x2.



Gambar 2.8 LCD (*Liquid Crystal Display*)

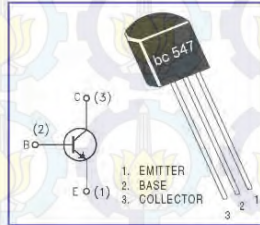
2.7 Driver Relay

Rangkaian *Driver Relay* merupakan rangkaian elektronika yang digunakan untuk mengendalikan serta melakukan operasi sesuatu dari jarak jauh atau semacam *remote*. Tentunya rangkaian ini bisa mempermudah dan mempercepat pekerjaan yang memang kadang membutuhkan rangkaian dari *relay* ini.

2.7.1 Transistor BC547

Sebuah transistor BC547 adalah negatif-positif-negatif (NPN) transistor yang digunakan untuk berbagai tujuan. Bersama dengan komponen elektronika lainnya, seperti resistor, kumparan, dan kapasitor, dapat digunakan sebagai komponen aktif untuk *switch* dan

amplifier. Seperti semua transistor NPN lain, jenis ini memiliki terminal emitor, basis atau terminal kontrol, dan terminal kolektor. Gambar berikut adalah bentuk dari transistor BC547.



Gambar 2.9 Transistor BC547

2.7.1 Dioda 1N4002

Pemasangan dioda 1N4002 pada rangkaian *driver relay* adalah untuk mencegah munculnya tegangan balik yang bisa merusak komponen transistor. Gambar 2.10 dibawah adalah bentuk dari diode 1N4002.



Gambar 2.10 Dioda 1N4002

2.8 Relay

Relay merupakan suatu alat/komponen elektro mekanik yang digunakan untuk mengoperasikan seperangkat kontak saklar, dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai sumber energinya. Dengan memanfaatkan lilitan atau *coil* (koil) berintikan besi yang dialiri arus listrik, tentunya akan menghasilkan medan magnet pada ujung inti besi apa bila koil dialiri arus listrik. Medan magnet/energi magnet tersebutlah yang digunakan untuk mengerjakan saklar nantinya. *Relay* terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

1. *Common* bagian yang tersambung dengan NC (dalam keadaan normal).

2. *Coil* (kumparan). Merupakan komponen utama *relay* yang digunakan untuk menciptakan medan magnet.
3. Kontak terdiri dari NC dan NO *Normally Closed* (NC)
 - 3.1 *Normally Closed* (NC) merupakan bagian sakelar *relay* yang dalam keadaan normal (*relay* tidak diberi tegangan) terhubung dengan *common*.
 - 3.2 *Normally Open* (NO) *Normally Open* (NO) merupakan bagian sakelar *relay* yang dalam keadaan normal (*relay* tidak diberi tegangan) tidak terhubung dengan *common*. Tetapi *Normally Open* akan terhubung dengan *common* apabila *relay* diberi tegangan.

Fungsi atau kegunaan *relay* dalam dunia elektronika sebenarnya juga sama seperti dalam teknik listrik. Hanya saja kebanyakan *relay* yang digunakan dalam teknik elektronika adalah *relay* dengan voltase kecil seperti 6volt, 12volt, 24volt. Gambar 2.11 di bawah ini adalah gambar dari *relay* 5 pin.



Gambar 2.11 *Relay* 5 Pin

Relay dapat bekerja karena adanya medan magnet yang digunakan untuk menggerakkan saklar. Saat kumparan diberikan tegangan sebesar tegangan kerja *relay* maka akan timbul medan magnet pada kumparan karena adanya arus yang mengalir pada lilitan kawat. Kumparan yang bersifat sebagai elektromagnet ini kemudian akan menarik saklar dari kontak NC ke kontak NO. Jika tegangan pada kumparan dimatikan maka medan magnet pada

kumparan akan hilang sehingga pegas akan menarik saklar ke kontak NC.

2.9 *Water Cooler*

Water cooler adalah pendingin yang menggunakan percikan air untuk dihirup bersama udara. Perancangan *water cooler* menggunakan bahan dasar akrilik yang disusun sedemikian rupa. Dan gambar 2.12 di bawah ini adalah bentuk *water cooler* yang dibuat.



Gambar 2.12 *Water Cooler*

Sebuah *blower* dipasang pada bagian depan *water cooler* untuk mengalirkan udara dingin. Pada bagian bawah *water cooler* terdapat wadah penyimpanan air. Air pada wadah tersebut dialirkan ke bagian atas *water cooler* dengan bantuan *filter* akuarium.

2.10 *Humidifier*

Humidifier adalah alat pelembab ruangan yang mengubah air menjadi uap. *Humidifier* yang digunakan adalah *humidifier portable* yang berbentuk tutup botol. *Humidifier* ini memerlukan catu daya sebesar 5VDC. Alat ini dipasangkan pada botol air mineral kemudian air dari botol akan dikeluarkan dalam bentuk uap.

Alat ini dapat melembabkan ruangan dengan jangkauan 5 meter. Alat ini akan menaikkan kelembaban kumbung jamur pada titik yang sudah ditetapkan. Gambar 2.13 di bawah adalah bentuk dari *humidifier*.



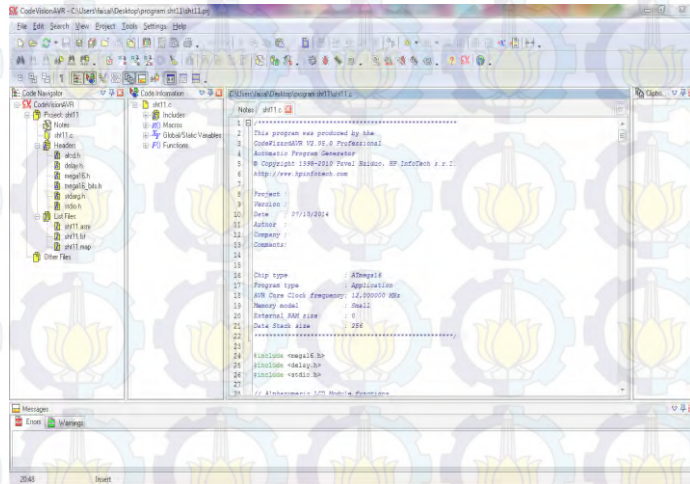
Gambar 2.13 *Bottle Caps Humidifier* ^[8]

Humidifier yang digunakan ini adalah *humidifier bottle caps* yang dijual di pasaran. *Humidifier* ini bekerja dengan tegangan 5 VDC, *humidifier* dipasang pada kepala botol air mineral yang sudah diisi air mineral sebelumnya. Alat ini menggunakan diafragma logam yang dapat bergetar pada frekuensi ultrasonik untuk menciptakan tetesan air yang keluar dari mesin *humidifier* dalam bentuk kabut dingin. Alat ini juga menggunakan *transduser piezoelektrik* untuk membuat osilasi mekanik frekuensi tinggi dalam bentuk air, dan membentuk kabut yang sangat halus dan dengan cepat menguap ke dalam aliran udara. ^[8]

2.11 Codevision AVR

Codevision AVR C Compiler, Pemrograman mikrokontroler AVR lebih mudah dilakukan dengan bahasa pemrograman C. Salah satu *software* pemrograman AVR mikrokontroler adalah *Codevision AVR C Compiler* versi 1. 253 yang selanjutnya dalam pembahasan disebut CV AVR. Pada CV AVR terdapat *code wizard* yang sangat membantu dalam proses inisialisasi *register* dalam mikrokontroler dan untuk membentuk fungsi-fungsi *interrupt*. Pada *code wizard* untuk membuat inisialisasi cukup dengan mengklik atau memberi tanda *check* sesuai properti dari desain yang dikehendaki setelah itu *register* yang terinisialisasi dapat dilihat melalui program *preview*

atau melalui generate and save. Dengan menggunakan pemrograman bahasa-C diharapkan waktu desain (*deleloping time*) akan menjadi lebih singkat. Setelah program dalam bahasa-C ditulis dan dilakukan kompilasi tidak terdapat kesalahan (*error*) maka proses *download* dapat dilakukan. Mikrokontroler AVR mendukung sistem *download* secara ISP (*In-System Programming*). Gambar 2.14 adalah tampilan *CodeVisionAVR* adalah sebagai berikut. [7]



Gambar 2.14 Tampilan *Codevision AVR*. [7]



BAB III

PERANCANGAN DAN PEMBUATAN ALAT

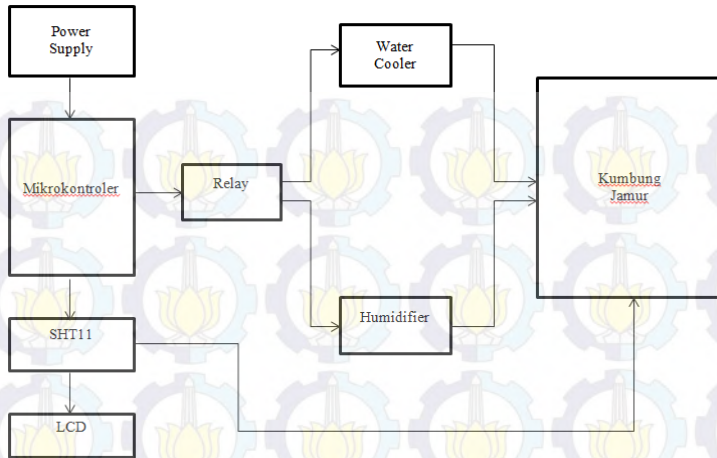
Perancangan dan pembuatan alat pada bab ini terdiri dari perancangan dan pembuatan mekanik, perancangan dan pembuatan perangkat keras (*hardware*), dan perancangan dan pembuatan perangkat lunak (*software*). Hal tersebut guna mewujudkan Tugas Akhir yang berjudul “Pengatur Suhu dan Kelembaban Pada Miniatur Kumbung Jamur Tiram”.

Dalam bab ini ada beberapa tahapan perancangan dibagi menjadi 3 bagian sebagai berikut :

1. Perancangan dan pembuatan Kumbung Jamur.
2. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)
 - 2.1 Perancangan Rangkaian *Power Supply*.
 - 2.2 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler.
 - 2.3 Perancangan Rangkaian Sensor Modul SHT11.
 - 2.4 Perancangan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*).
 - 2.5 Perancangan *Driver Relay*.
 - 2.6 Perancangan *Water Cooler*.
 - 2.7 Perancangan *Humidifier*.
3. Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak (*Software*)
 - 3.1 Program *Hardware* Mikrokontroler.

3.1 Diagram Fungsional Alat

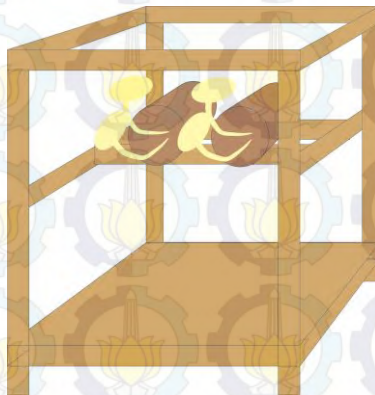
Pada bab ini, dibuat perancangan dan pembuatan dari sistem pengatur suhu dan kelembaban. Bagian pembuatan perangkat lunak meliputi pemrograman *Codevision AVR* pada mikrokontroler ATmega 16 sedangkan untuk bagian pembuatan perangkat keras yang meliputi perangkat mekanik serta perangkat elektronik. Dalam sistem pengatur suhu dan kelembaban pada kumbung jamur. *Power Supply* ini digunakan untuk mengaktifkan tegangan pada mikrokontroler yang terhubung pada sensor SHT11, LCD, dan *relay*. Dimana sensor SHT11 akan *men-sensing* suhu dan kelembaban pada kumbung jamur, kemudian suhu dan kelembaban tersebut akan ditampilkan pada LCD. Mikrokontroler disini juga terhubung dengan *relay* yang berfungsi sebagai saklar otomatis untuk *water cooler* dan *humidifier*. Di gambar 3.1 berikut dapat dilihat diagram blok keseluruhan dari Tugas Akhir ini:



Gambar 3.1 Diagram Sistem Alat

3.2 Perancangan dan Pembuatan Mekanik

Perancangan mekanik merupakan perancangan yang dilakukan untuk pembuatan peralatan yang mendukung perancangan sistem alat. Dalam pembuatan mekanik alat diperlukan perancangan yang sesuai sehingga nantinya dapat diterapkan dan diaplikasikan pada keadaan nyata. Gambar 3.2 berikut adalah gambar rancangan kumbung jamur.



Gambar 3.2 Desain Kumbung Jamur

jamur tiram. Kumbung jamur yang dibuat dilapisi plastik agar menjadi kedap udara.

3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses sistematis jalannya komponen secara keseluruhan. Dalam perancangan perangkat keras (*hardware*) ini, terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian mikrokontroler, rangkaian LCD, rangkaian *druver relay*, modul SHT11, *water cooler*, dan *humidifier*.

3.3 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Keras (*Hardware*)

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses sistematika jalannya komponen secara keseluruhan. Dalam perancangan perangkat keras (*hardware*) ini, terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian mikrokontroler, rangkaian LCD, rangkaian *druver relay*, modul SHT11, *water cooler*, dan *humidifier*.

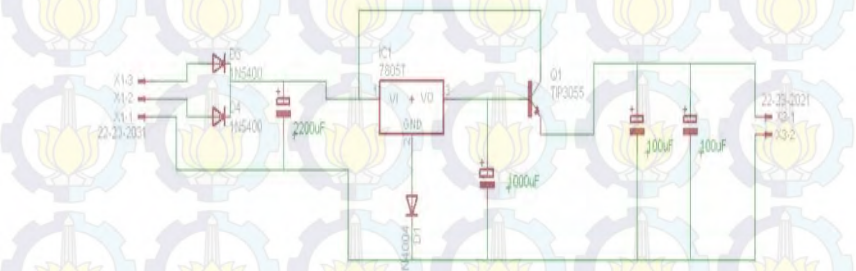
Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses sistematika jalannya komponen secara keseluruhan. Dalam perancangan perangkat keras (*hardware*) ini, terdiri dari rangkaian *power supply*, rangkaian mikrokontroler, rangkaian LCD, rangkaian *druver relay*, modul SHT11, *water cooler*, dan *humidifier*.

3.3.1 Perancangan Rangkaian *Power Supply*

Power supply berfungsi sebagai sumber energi dari keseluruhan sistem. Besar *Power Supply* ini tergantung oleh spesifikasi dari alat masing – masing. Pada perancangan alat penyemprot hama ini *power supply* digunakan untuk mengaktifkan sistem mikrokontroler, dan *driver relay*.

Power supply berfungsi sebagai sumber energi dari keseluruhan sistem. Besar *Power Supply* ini tergantung oleh spesifikasi dari alat masing – masing. Pada perancangan alat penyemprot hama ini *power supply* digunakan untuk mengaktifkan sistem mikrokontroler, dan *driver relay*.

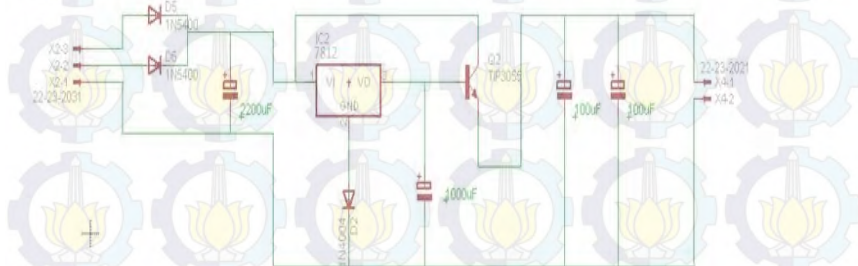
Rangkaian ini merupakan aplikasi dari regulator tegangan IC 7805 dan IC 7812 yang dapat mengeluarkan tegangan 5 Volt dan 12 Volt DC. Rangkaian ini dibangun dari beberapa komponen yakni, dioda 1N 5399 yang merupakan dioda yang dapat melewatkan arus maksimal 2 *Ampere*, selain itu dioda ini juga berfungsi untuk menjadikan sinyal AC *sinusoidal* yang melewatinya menjadi sinyal DC setengah gelombang. Gambar 3.3 berikut adalah gambar rangkaian *power supply* 5 Volt.



Gambar 3.3 *Power Supply 5 Volt*

Pada gambar 3.3 perancangan rangkaian *power supply* 5 Volt ini terdiri dari kapasitor, resistor, dioda, led, dan juga *regulator*.

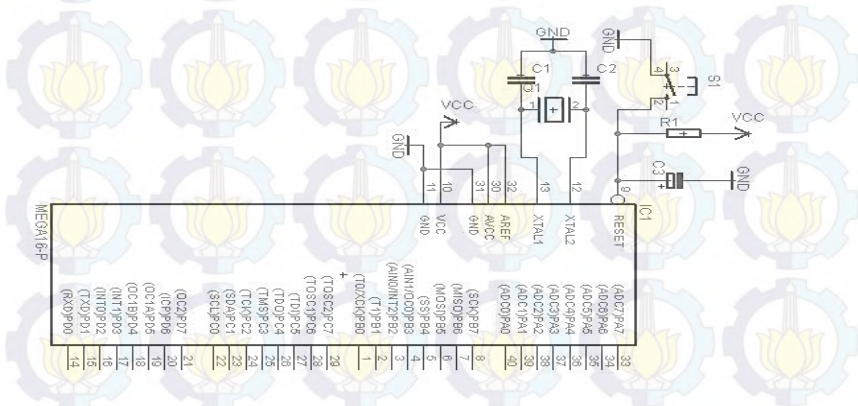
Power supply ini digunakan untuk mengaktifkan sistem mikrokontroler dan *driver relay*. Kemudian *power supply* 12 Volt dibangun oleh kapasitor yang berfungsi untuk memperhalus sinyal DC keluaran dari dioda. Setelah itu sinyal DC keluaran dari kapasitor akan di inputkan pada regulator 7812. Hasil keluaran dari IC 7812 adalah tegangan 12 Volt dengan arus 2,5 A. Berikut gambar 3.4 adalah rangkaian *power supply* 12 Volt .



Gambar 3.4 *Power Supply* 12 Volt

3.3.2 Perancangan Rangkaian Mikrokontroler

Rangkaian seperti gambar 3.5 ini berfungsi sebagai pengendali utama pada sistem, dimana tugasnya adalah mengolah data dari *Power Supply*, memproses data suhu dan kelembaban, menampilkan suhu dan kelembaban pada LCD, dan mengaktifkan *relay*. Berikut gambar 3.5 adalah skematik rangkaian mikrokontroler.



Gambar 3.5 Skematik Rangkaian Mikrokontroler

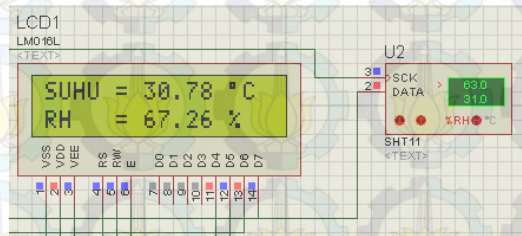
Untuk pembagian *port-port* sebagai *I/O* dapat ditunjukkan pada tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Pembagian *Port-port* Mikrokontroler

PORT	Pembagian Port
PORT A	Modul SHT11
PORT B	Driver Relay
PORT C	Dihubungkan dengan LCD 2x16
PORT D	-

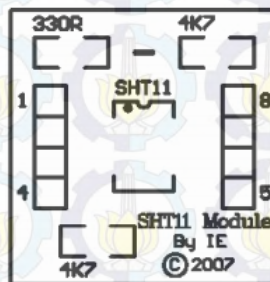
3.3.3 Perancangan Modul SHT11

Dalam sistem ini menggunakan modul SHT11 yang dihubungkan ke mikrokontroler. Kemudian hasil *sensing* dari sensor SHT11 tersebut ditampilkan pada LCD 16x2. Gambar 3.6 berikut adalah rangkaian SHT11 dan LCD.



Gambar 3.6 Rangkaian SHT11 dan LCD

Modul SHT11 sendiri adalah suatu modul sensor suhu dan kelembaban yang berbasis Senserion SHT11. Modul ini dapat diaplikasikan dalam sistem pengendali suhu dalam ruang. Berikut gambar 3.7 konfigurasi pin SHT11.



Gambar 3.7 Konfigurasi Pin SHT11

Spesifikasi *hardware* :

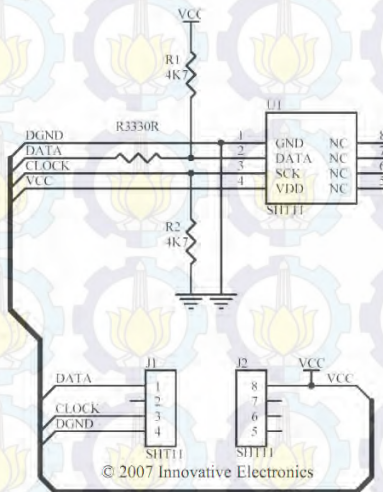
Range suhu : -40°C hingga $+123.8^{\circ}\text{C}$
Akurasi suhu : $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ pada 25°C
Range kelembaban : 0 hingga 100% RH
Faktor bentuk : 8 pin DIP – 0.6”
Tegangan *supply* : +5 VDC

Untuk fungsi pin SHT11 terdapat pada tabel 3.2 berikut.

Tabel 3.2 Fungsi Pin SHT11

Pin	Fungsi
1	Data
3	Clock
4	Ground
8	+5 VDC

Gambar 3.8 berikut adalah gambar rangkaian SHT11 pada *guide book*.

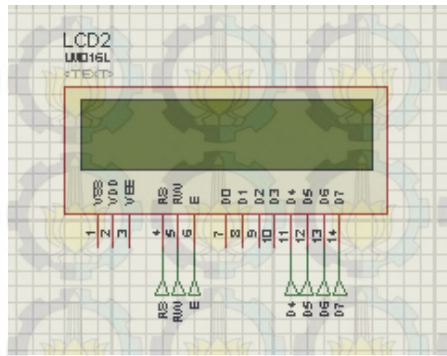


Gambar 3.8 Rangkaian SHT11 Pada *Guide Book*

3.3.4 Perancangan Rangkaian LCD (*Liquid Crystal Display*)

LCD yang dipakai berupa sebuah tipe karakter yang memiliki display 16 karakter x 2 baris. Modul ini terhubung langsung dengan sistem minimum ATmega 16. LCD tersebut akan digunakan untuk

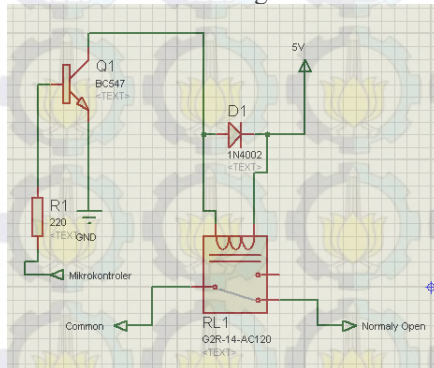
menampilkan suhu dan kelembaban pada kumbung jamur. Rangkaian skematik LCD dihubungkan pada mikrokontroler seperti gambar 3.9 di bawah ini :



Gambar 3.9 Skematik LCD

3.3.5 Perancangan Driver *Relay*

Rangkaian *driver relay* yang dibuat ini menggunakan *relay* kaki 5. Dengan menggunakan transistor BC547, dioda 1N4002, dan resistor 220 ohm. Gambar 3.10 adalah rangkaian *driver relay*.



Gambar 3.10 Rangkaian *Driver Relay*

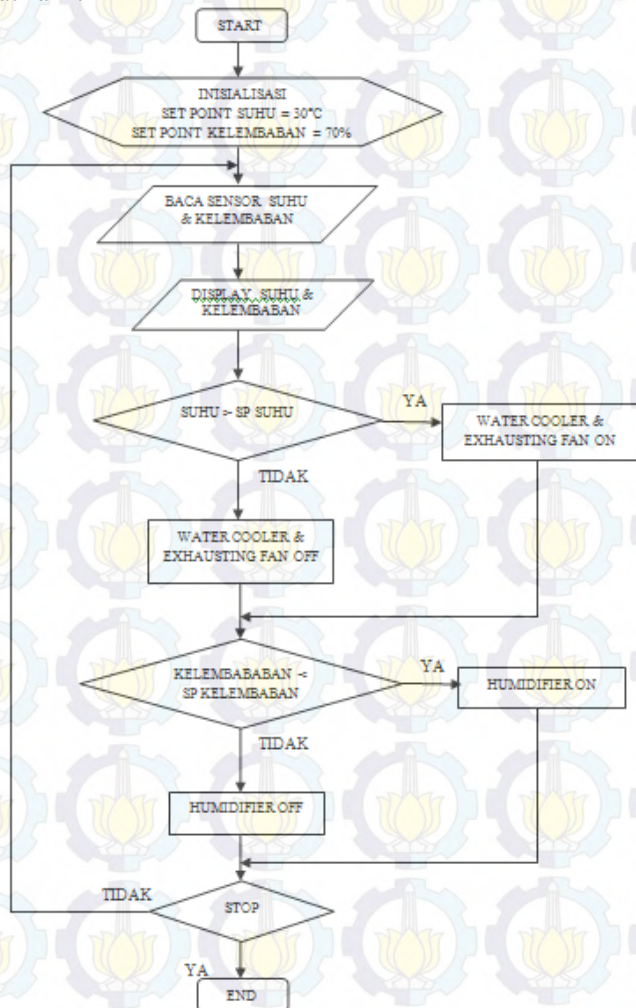
3.4 Perancangan dan Pembuatan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada bagian perancangan ini berfungsi untuk mengendalikan keseluruhan sistem dari alat. Perangkat lunak ini berisikan program yang nantinya disimpan di dalam mikrokontroler, sehingga mikrokontroler melaksanakan perintah-perintahnya secara otomatis

sesuai dengan urutan program yang dibuat, dalam program akan dibuat beberapa bagian yaitu terdapat program utama dan prosedur.

3.4.1 Flowchart

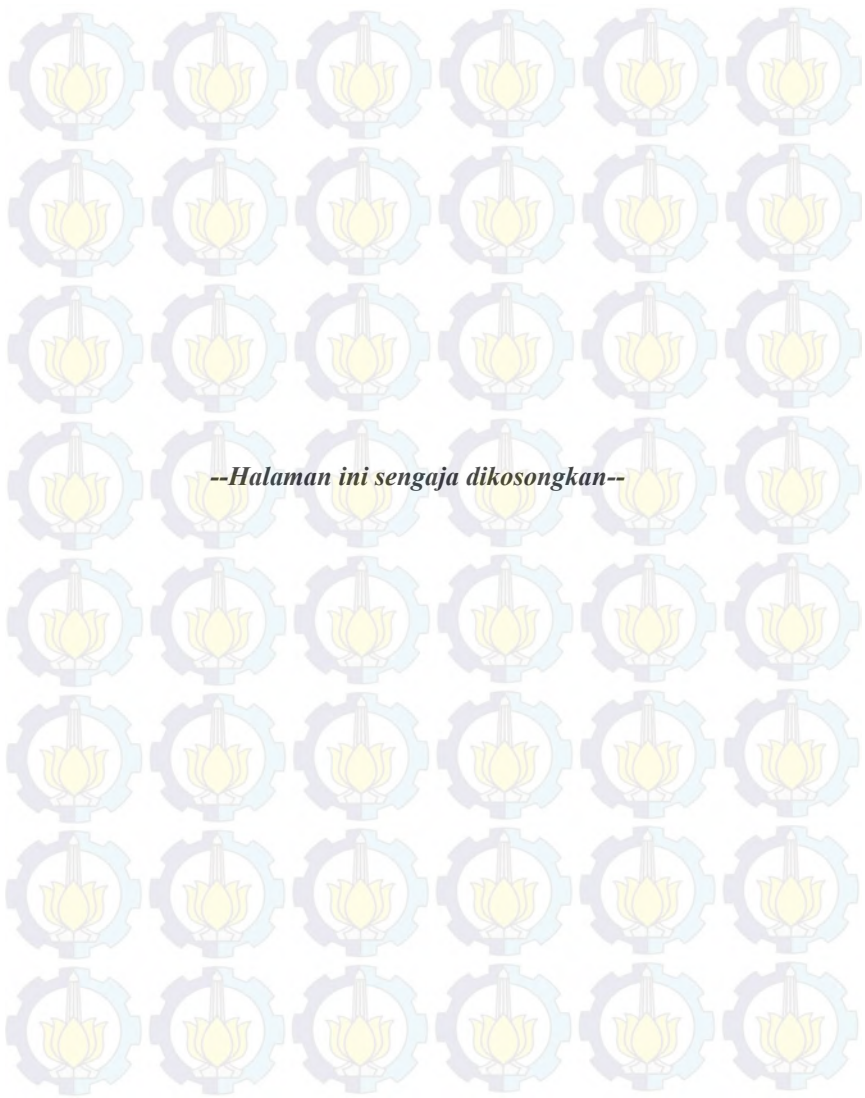
Gambar 3.11 Berikut adalah *flowchart* perancangan *software* dari alat kami.



Gambar 3.11 *Flowchart*

Dari gambar 3.11 tersebut merupakan algoritma dari perangkat lunak untuk mikrokontroler ini sebagai berikut:

1. *Power On*.
2. Ketika, mikrokontroler dan sensor SHT11 akan aktif.
3. Sensor SHT11 akan *men-sensing* suhu dan kelembaban di dalam kumbung jamur.
4. Suhu dan kelembaban ditampilkan pada LCD 16 x 2.
5. Saat suhu $>30.99^{\circ}\text{C}$ *water cooler* akan aktif.
6. Saat kelembaban $<70\%$ RH *humidifier* akan aktif.



BAB IV

PENGUJIAN DAN ANALISA DATA

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui apakah tujuan-tujuan dari pembuatan alat ini telah terlaksana atau tidak, untuk itu dilakukan pengujian dan analisa terhadap alat yang telah dibuat. Gambar 4.1 berikut adalah gambar mekanik *hardware*.

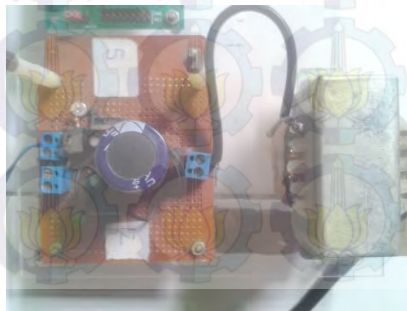


Gambar 4.1 Mekanik *Hardware*

Pada bab ini akan dilakukan pengujian berdasarkan rencana pengujian yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.

4.1 Pengujian *Power Supply*

Pengujian pada rangkaian *Power Supply* ini dilakukan dengan cara mengukur keluaran dari *power supply*, baik pada keluaran 5 Volt dan 12 Volt. Gambar 4.2 berikut merupakan rangkaian dari *power supply* yang telah dibuat :



Gambar 4.2 *Power Supply* 5 Volt dan 12 Volt

Tabel 4.1 berikut merupakan hasil pengukuran power supply

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran *Power Supply*

Tegangan (Volt)	Output DC (Tanpa Beban)	Error %	Output DC (beban rangkaian keseluruhan)	Error %
5 V	4,92 V	1,6%	4,81 V	3,8 %
12 V	12 V	0%	12 V	0%

Dari hasil tabel di atas, maka dapat diketahui persen *error* masing-masing *power supply* adalah :

Persen *error* untuk *supply* 5 V (tanpa beban) :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 - 4,92 \text{ V}}{5} \times 100\% \\
 &= 1,6 \%
 \end{aligned}$$

Persen *error* untuk *supply* 5 V (dengan beban keseluruhan) :

$$\begin{aligned}
 &= \frac{5 - 4,81 \text{ V}}{5} \times 100\% \\
 &= 3,8\%
 \end{aligned}$$

Dalam setiap pembuatan alat ataupun rangkaian persen *error* dalam pengukurannya. Pada suatu rangkaian *power supply* ditoleransi sampai dengan 5%. Pada *power supply* yang dibuat memiliki persen *error* 1,6% pada rangkaian *supply* 5 V, dan jika *power supply* diberi beban mikrokontroler memiliki persen *error* 3,8%.

4.2 Pengujian Sistem Minimum

Pengujian Sistem minimum dilakukan untuk mengetahui cara kerja dari mikrokontroller ATmega 16. Dalam pengujian sistem minimum ini diperlukan *listing program* yang di-download ke

mikrokontroler. Pengujian sistem minimum ini meliputi pengujian *port-port* mikrokontroler.

4.1.1 Pengujian *Port-Port* Mikrokontroler

Untuk mengetahui bahwa *port-port* yang ada di mikrokontroler bisa sesuai dengan prinsip kerjanya ataupun tidak, maka diperlukan pengujian. Sistem minimum ini dengan menggunakan IC ATmega 16. *Port-port* yang ada akan diukur tegangannya dengan menggunakan *AVO Meter*. Dengan mengambil nilai *output* pada setiap *port* mikrokontroler.

Hasil pengukuran *port-port* mikrokontroler dengan tegangan *input* sebesar 5 Volt seperti pada Tabel 4.2 berikut :

Tabel 4.2 Pengujian *Port-port* Mikrokontroler :

Pin	Tegangan tiap Port (Volt)							
	A		B		C		D	
	High	Low	High	Low	High	Low	High	Low
0	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
1	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
2	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
3	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
4	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
5	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
6	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0
7	4,75	0	4,74	0	4,74	0	4,75	0

Dengan hasil yang tertera di atas , terlihat adanya perbedaan data yang diambil pada *Port A*, *Port B*, *Port C* dan *Port D*. Hasil rata-rata nilai data yang didapatkan saat pengujian adalah 4,7 Volt. Maka dapat disimpulkan bahwa mikrokontroler dalam kondisi yang baik.

4.2 Pengujian Modul SHT11

Pada pengujian modul sensor SHT11 ini dilakukan dengan cara mengukur suhu dan kelembaban pada kumbung jamur. Pengukuran dilakukan berdasarkan waktu yang sudah ditentukan. Hasil pengukuran dari sensor SHT11 dibandingkan dengan termometer suhu dan kelembaban yang dijual di pasaran sebagai alat ukur pembanding. Alat ukur pembanding yang digunakan adalah termometer yang masih berbentuk analog dan bernilai dalam bentuk

Fahrenheit. Sehingga dibutuhkan perhitungan agar dapat terbaca dalam bentuk *Celcius*. Berikut adalah rumus merubah nilai *Fahrenheit* menjadi *Celcius*.

$$\text{Celcius} = \frac{5}{9} \times (\text{angka yang ditunjuk} - 32)$$

Tabel 4.3 berikut ini adalah tabel perbandingan nilai suhu dan kelembaban dari sensor SHT11 dan alat ukur pembanding :

Tabel 4.3 Hasil Pengujian Modul SHT11

Jam	SUHU		KELEMBABAN	
	SHT11	Alat Ukur	SHT11	Alat Ukur
10.00	30.30°C	30°C	77.06%	76%
08.00	31.60°C	31.67°C	66.30%	66%
11.00	33.50°C	32.78°C	62%	63%
23.00	32.50°C	32°C	63.80%	64%
05.00	31.36°C	31.67°C	66.30%	66%

Gambar 4.3 berikut merupakan gambar alat ukur pembanding suhu dan kelembaban.

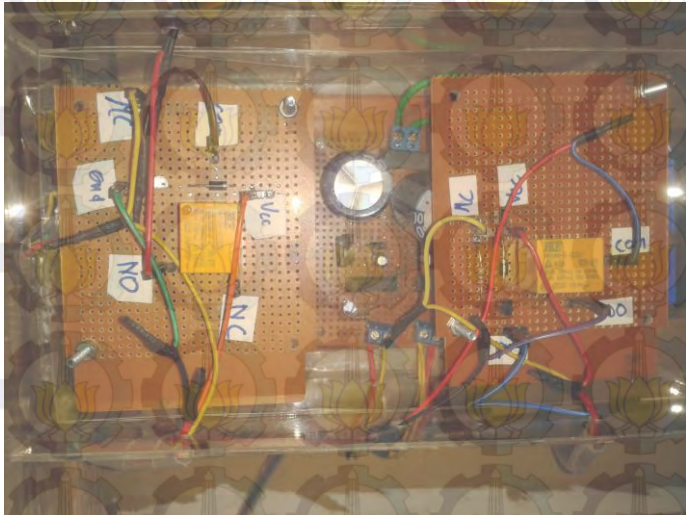


Gambar 4.3 Alat Ukur Pembanding Suhu dan Kelembaban

4.3 Pengujian Rangkaian Relay

Rangkaian *relay* yang digunakan berjumlah 3 buah. Rangkaian *relay* yang pertama digunakan untuk mengontrol alat pengatur kelembaban (*humidifier*). Rangkaian *relay* yang kedua digunakan

untuk mengontrol alat pengatur suhu (*water cooler*). Rangkaian *relay* yang ketiga digunakan untuk mengontrol *exhaust fan*. Data yang diambil adalah data berupa tegangan *output* dari aktif atau tidaknya *relay*. Gambar 4.4 berikut merupakan rangkaian dari *relay* yang telah dibuat:



Gambar 4.4 Rangkaian *Relay*

Tabel 4.4 berikut ini adalah hasil tabel pengujian rangkaian *relay* :

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Rangkaian *Relay*

Nomer <i>Relay</i>	Masukan Logika pada <i>Relay</i>	V out pada beban
1	Low (0)	0 Volt DC
	High (1)	5 Volt dan 12 Volt DC
2	Low (0)	0 Volt AC
	High (1)	220 Volt AC
3	Low (0)	0 Volt AC
	High (1)	220 Volt AC

Dari hasil tabel di atas terlihat bahwa apabila *relay* menerima tegangan maka *relay* akan aktif dengan logika 1. Jika *relay* tidak menerima tegangan maka *relay* akan berlogika 0.

4.4 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan alat pengatur suhu dan kelembaban pada miniatur kumbung jamur tiram ini dilakukan dengan cara menghembuskan angin dari *hair dryer* ke dalam kumbung jamur. Hal ini bertujuan agar temperatur di dalam kumbung jamur semakin tinggi, dan kelembaban semakin rendah. Jika suhu bernilai lebih dari 30°C alat *water cooler* dan *exhaust fan* akan aktif. Dan jika kelembaban di dalam kumbung jamur bernilai kurang dari 70% alat *humidifier* akan aktif. Dari hasil pengujian yang telah dilakukan alat yang telah dibuat ini berjalan sesuai yang diharapkan.

Selain itu dilakukan pengamatan untuk mengetahui berapa lama kerja dari *water cooler*, *exhaust fan*, dan *humidifier* untuk mencapai nilai suhu dan kelembaban yang sudah ditentukan. Tabel 4.5 berikut ini adalah pengamatan perubahan suhu dan kelembaban :

Tabel 4.5 Pengamatan Perubahan Suhu dan Kelembaban

Suhu (dalam °C)	Kelembaban (dalam %)
35,04	54,51
34,53	55,82
33,86	57,16
33,26	58,52
32,71	60,98
32	64,02
31,36	66,91
30,98	68,05
	70,15

Setelah dilakukan pengamatan didapatkan hasil perubahan suhu selama 80 detik dan kelembaban selama 90 detik. Dengan demikian alat yang telah dibuat sudah berjalan dengan baik.

BAB V

PENUTUP

Setelah melakukan perancangan dan pembuatan alat serta pengujian dan analisa, maka dapat ditarik kesimpulan dan saran dari kegiatan yang telah dilakukan untuk pengembangan Tugas Akhir ini.

5.1 Kesimpulan

Dari tahapan secara keseluruhan yang sudah dilaksanakan pada penyusunan Tugas Akhir ini mulai dari studi literatur, perancangan dan pembuatan sampai dengan pengujian alat, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa :

1. Suhu dan kelembaban pada miniatur kumbung jamur dapat diatur dengan alat yang telah dibuat ini.
2. Suhu pada miniatur kumbung jamur sangat bergantung pada cuaca sekitar. Jika terlalu panas, suhu akan terpantau memiliki nilai yang tinggi.
3. Hasil pengukuran sensor SHT11 dan alat ukur pembanding hanya didapatkan *error* sebesar 0,73% untuk suhu dan 0,13% untuk kelembaban.
4. Dengan pengaturan ini didapat hasil penurunan suhu dan kelembaban dari suhu 35°C dan kelembaban 54,51% ke suhu 30,98°C dan kelembaban 70,15% dapat dilakukan selama 1,5 menit.

5.2 Saran

Untuk lebih memperbaiki dan menyempurnakan kinerja dari alat ini, maka perlu disarankan :

1. Untuk mendapatkan suhu dan kelembaban yang tepat untuk budidaya jamur tiram sebaiknya miniatur kumbung jamur menggunakan bahan dasar yang tidak menyerap panas.
2. Pengaturan suhu dan kelembaban sebaiknya dilakukan di daerah yang memiliki hembusan angin yang tidak terlalu kencang.



LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM

a. Program Pengukur Suhu dan Kelembaban SHT11

```
#include <mega16.h>
#include <delay.h>
#include <stdio.h>

// Alphanumeric LCD Module functions
#include <alcd.h>

#ifndef RXB8
#define RXB8 1
#endif

#ifndef TXB8
#define TXB8 0
#endif

#ifndef UPE
#define UPE 2
#endif

#ifndef DOR
#define DOR 3
#endif

#ifndef FE
#define FE 4
#endif

#ifndef UDRE
#define UDRE 5
#endif

#ifndef RXC
#define RXC 7
#endif
```

```

#define FRAMING_ERROR (1<<FE)
#define PARITY_ERROR (1<<UPE)
#define DATA_OVERRUN (1<<DOR)
#define DATA_REGISTER_EMPTY (1<<UDRE)
#define RX_COMPLETE (1<<RXC)

// USART Receiver buffer
#define RX_BUFFER_SIZE 8
char rx_buffer[RX_BUFFER_SIZE];

#if RX_BUFFER_SIZE <= 256
unsigned char rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#else
unsigned int rx_wr_index,rx_rd_index,rx_counter;
#endif

// This flag is set on USART Receiver buffer overflow
bit rx_buffer_overflow;

// USART Receiver interrupt service routine
interrupt [USART_RXC] void usart_rx_isr(void)
{
char status,data;
status=UCSRA;
data=UDR;
if ((status & (FRAMING_ERROR | PARITY_ERROR |
DATA_OVERRUN))==0)
{
rx_buffer[rx_wr_index++]=data;
#if RX_BUFFER_SIZE == 256
// special case for receiver buffer size=256
if (++rx_counter == 0)
{
#else
if (rx_wr_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_wr_index=0;
if (++rx_counter == RX_BUFFER_SIZE)
{
rx_counter=0;

```

```

#endif
    rx_buffer_overflow=1;
}
}

#ifndef _DEBUG_TERMINAL_IO_
// Get a character from the USART Receiver buffer
#define _ALTERNATE_GETCHAR_
#pragma used+
char getchar(void)
{
    char data;
    while (rx_counter==0);
    data=rx_buffer[rx_rd_index++];
    #if RX_BUFFER_SIZE != 256
    if (rx_rd_index == RX_BUFFER_SIZE) rx_rd_index=0;
    #endif
    #asm("cli")
    --rx_counter;
    #asm("sei")
    return data;
}
#pragma used-
#endif

// Standard Input/Output functions
#include <stdio.h>

// Declare your global variables here
sfrb PORTA=0x1b;
sfrb PINA=0x19;
#define SDAOut PORTA.0
#define SDAIn PINA.0
#define SCLK PORTA.1
#define out PORTB.0

```

```

// Declare your global variables here

```



```
unsigned char TimeOut,AckBit,buf[33]; //Ackbit : '0' (ACK), '1' (NOACK)
```

```
unsigned int DataTempSHT,DataRHSHT,DataRead;  
float RH,Temp;
```

```
/*Membuat kondisi "start" ke SHT11 ("Transmission Start" sequence)
```

```
ShtData _____
```

```
ShtClock _____
```

```
Clock 1 2 */
```

```
void StartSignal (void)
```

```
{
```

```
unsigned char DDRATemp;
```

```
DDRATemp = DDRA;
```

```
DDRA |= 0x01; // PortA.0 sbg Output
```

```
SDAOut = 1;
```

```
SCLK = 0;
```

```
SCLK = 1; //Clock pertama
```

```
SDAOut = 0;
```

```
SCLK = 0;
```

```
SCLK = 1; //Clock kedua
```

```
SDAOut = 1;
```

```
SCLK = 0; //Pin Clock = '0'
```

```
DDRA = DDRATemp;
```

```
}
```

```
//Reset komunikasi: 9 clock cyle dengan ShtData '1', lalu kondisi start
```

```
void ResetSHT (void)
```

```
{
```

```
unsigned char i,DDRATemp;
```

```
DDRATemp = DDRA;
```

```
DDRA |= 0x01;
```

```
SDAOut = 1;
```

```
SCLK = 0;
```

```
for (i=0; i<=8; i++)
```

```
{
```

```

        SCLK = 1;    //Kirim Data (ShtClock rising edge), 9 kali
        SCLK = 0;
    }
    StartSignal();    //Transmission Start
    DDRA = DDRATemp;
}

//Tunggu sampai SHT11 selesai melakukan pengukuran (pin Data =
'0')
//Timeout pengukuran sekitar 1/4 detik (TimeOut = '0' --> measure
OK)
void SHTWait (void)
{
    unsigned char i,DDRATemp;
    DDRATemp = DDRA;
    DDRA |= 0x01;
    SDAOut=1;    //Pin ShtData sebagai input
    DDRA &= 0xFE;
    for (i=0; i<250; i++)
    {
        TimeOut=SDAIn;    //Jika pin ShtData = '0' --> pengukuran
selesai
        if (TimeOut==0) goto ExitSHT_Wait;
        delay_ms(1);
    }
    ExitSHT_Wait;
    DDRA = DDRATemp;
}

// Transmit Data dan ambil bit Acknowledge
void SHTWriteByte (unsigned char data)
{
    unsigned char i,DDRATemp;
    DDRATemp = DDRA;
    DDRA |= 0x01;
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        if ((data>>7)==1) SDAOut = 1;    //Kirim MSB first
        else SDAOut = 0;
    }
}

```

```

    SCLK = 1;          //Kirim Data (ShtClock rising edge)
    SCLK = 0;
    data <= 1;         // geser data kekiri 1 bit
}
SDAOut = 1;          //Pin ShtData sebagai input
SCLK = 1;
DDRA &= 0xFE;
AckBit = SDAIn;      //Ambil sinyal acknowledge
SCLK = 0;
DDRA = DDRATemp;
}

//Receive Data dan kirim bit "AckBit" ('0' untuk ACK atau '1' untuk
NACK)
void SHTReadByte (void)
{
    unsigned char i,DDRATemp;
    DataRead = 0x00;
    DDRATemp = DDRA;
    DDRA |= 0x01;
    SDAOut = 1;       //Pin ShtData sebagai input
    DDRA &= 0xFE;
    for (i=0; i<8; i++)
    {
        DataRead<=1;
        SCLK = 1;
        DataRead |= SDAIn; //Ambil Data (MSB first)
        SCLK = 0;
    }
    DDRA |= 0x01;
    if (AckBit==1) SDAOut = 1; //Kirim Noacknowledge
    else SDAOut = 0;         //Kirim Acknowledge
    SCLK = 1;
    SCLK = 0;
    SDAOut = 1;          //Pin ShtData sebagai input
    DDRA = DDRATemp;
}

// Pembacaan Temperature dari SHt11

```

```
void SHTReadTemp (void)
```

```
{  
    StartSignal();  
    SHTWriteByte(0x03);    //Command Measure Temperature  
    if (AckBit==0)  
    {  
        SHTWait();        //Tunggu sampai pengukuran selesai  
        if (TimeOut==0)  
        {  
            AckBit=0;      //Kirim ACK untuk menerima byte  
berikutnya  
            SHTReadByte();    // Ambil Byte MSB  
            DataTempSHT = DataRead;  
            DataTempSHT <= 8;  
            AckBit=1;        //Kirim NACK untuk mengakhiri  
pengambilan data  
            SHTReadByte();  
            DataTempSHT |= DataRead; //Ambil byte LSB  
  
            DataRead = DataTempSHT;  
        }  
    }  
}
```

```
void SHTReadHumidity (void)
```

```
{  
    StartSignal();  
    SHTWriteByte(0x05);    //Command Measure Humidity  
    if (AckBit==0)  
    {  
        SHTWait();  
        if (TimeOut==0)  
        {  
            AckBit=0;  
            SHTReadByte();  
            DataRHSHT = DataRead;  
            DataRHSHT <= 8;  
            AckBit=1;  
            SHTReadByte();  
        }  
    }  
}
```



```
DataRHSHT |= DataRead;
```

```
DataRead = DataRHSHT;
```

```
}
```

```
void main(void)
```

```
{
```

```
// Declare your local variables here
```

```
// Input/Output Ports initialization
```

```
// Port A initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
```

```
Func1=Out Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
```

```
State1=0 State0=T
```

```
PORTA=0x00;
```

```
DDRA=0x02;
```

```
// Port B initialization
```

```
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
```

```
Func1=In Func0=In
```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
```

```
State1=T State0=T
```

```
PORTB=0x00;
```

```
DDRB=0xFF;
```

```
// Port C initialization
```

```
// Func7=Out Func6=Out Func5=Out Func4=Out Func3=Out
```

```
Func2=Out Func1=Out Func0=Out
```

```
// State7=0 State6=0 State5=0 State4=0 State3=0 State2=0 State1=0
```

```
State0=0
```

```
PORTC=0x00;
```

```
DDRC=0xFF;
```

```
// Port D initialization
```

// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
Func1=In Func0=In

// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
State1=T State0=T

PORTD=0x00;

DDRD=0xff;

// Timer/Counter 0 initialization

// Clock source: System Clock

// Clock value: Timer 0 Stopped

// Mode: Normal top=0xFF

// OC0 output: Disconnected

TCCR0=0x00;

TCNT0=0x00;

OCR0=0x00;

// Timer/Counter 1 initialization

// Clock source: System Clock

// Clock value: Timer1 Stopped

// Mode: Normal top=0xFFFF

// OC1A output: Discon.

// OC1B output: Discon.

// Noise Canceler: Off

// Input Capture on Falling Edge

// Timer1 Overflow Interrupt: Off

// Input Capture Interrupt: Off

// Compare A Match Interrupt: Off

// Compare B Match Interrupt: Off

TCCR1A=0x00;

TCCR1B=0x00;

TCNT1H=0x00;

TCNT1L=0x00;

ICR1H=0x00;

ICR1L=0x00;

OCR1AH=0x00;

OCR1AL=0x00;

OCR1BH=0x00;

OCR1BL=0x00;

```
// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;

// USART initialization
// Communication Parameters: 8 Data, 1 Stop, No Parity
// USART Receiver: On
// USART Transmitter: On
// USART Mode: Asynchronous
// USART Baud Rate: 9600
UCSRA=0x00;
UCSRB=0x98;
UCSRC=0x86;
UBRRH=0x00;
UBRRL=0x4D;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
```

```

// ADC disabled
ADCSRA=0x00;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 8
lcd_init(16);
//delay_ms(1000);
ResetSHT(); //Connection Reset

// Global enable interrupts
#asm("sei")

while (1)
{
    // Place your code here
    SHTReadHumidity();
    RH=((float)(DataRead*0.0405)-
(DataRead*DataRead*0.0000028)-10);
    ResetSHT();
    SHTReadTemp();
    Temp=((float)(DataRead-4000))/100;
    ResetSHT();
}

```



```
lcd_clear();  
lcd_gotoxy(0,0);  
lcd_putsf("RH: Temp:");  
lcd_gotoxy(0,1);  
sprintf(buf,"%0.2f %0.2f",RH,Temp);  
lcd_puts(buf);
```

```
if (RH<70)  
{  
    PORTB.0=1;  
}  
else  
{  
    PORTB.0=0;  
};
```

```
if (Temp>31)  
{  
    PORTB.1=1;  
    PORTB.2=1;  
}
```

```
else  
{  
    PORTB.1=0;  
    PORTB.2=0;  
};
```

```
printf("%0.2f %0.2f",RH,Temp);  
delay_ms(1000);
```

```
}
```

```
}
```

LAMPIRAN B

DATASHEET

SENSIRION
THE SENSOR COMPANY

Datasheet SHT1x (SHT10, SHT11, SHT15) Humidity and Temperature Sensor IC

- Fully calibrated
- Digital output
- Low power consumption
- Excellent long term stability
- SMD type package – reflow solderable



Product Summary

SHT1x (including SHT10, SHT11 and SHT15) is Sensirion's family of surface mountable relative humidity and temperature sensors. The sensors integrate sensor elements plus signal processing on a tiny foot print and provide a fully calibrated digital output. A unique capacitive sensor element is used for measuring relative humidity while temperature is measured by a band-gap sensor. The applied CMOSens® technology guarantees excellent reliability and long term stability. Both sensors are seamlessly coupled to a 14bit analog to digital converter and a serial interface circuit. This results in superior signal quality, a fast response time and insensitivity to external disturbances (EMC).

Each SHT1x is individually calibrated in a precision humidity chamber. The calibration coefficients are programmed into an OTP memory on the chip. These coefficients are used to internally calibrate the signals from the sensors. The 2-wire serial interface and internal voltage regulation allows for easy and fast system integration. The tiny size and low power consumption makes SHT1x the ultimate choice for even the most demanding applications.

SHT1x is supplied in a surface-mountable LCC (Leadless Chip Carrier) which is approved for standard reflow soldering processes. The same sensor is also available with pins (SHT7x) or on flex print (SHTA1).

Dimensions

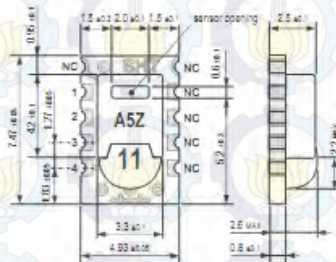


Figure 1: Drawing of SHT1x sensor packaging, dimensions in mm (1mm = 0.039inch). Sensor label gives "11" for SHT11 as an example. Contacts are assigned as follows: 1:GND, 2:DATA, 3:VCC, 4:VDD

Sensor Chip

SHT1x V4 – for which this datasheet applies – features a version 4 Silicon sensor chip. Besides the humidity and temperature sensors the chip contains an amplifier, A/D converter, OTP memory and a digital interface. V4 sensors can be identified by the alpha-numeric traceability code on the sensor cap – see example "A5Z" code on Figure 1.

Material Contents

While the sensor is made of a CMOS chip the sensor housing consists of an LCP cap with epoxy glob top on an FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant, thus it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Evaluation Kits

For sensor trial measurements, for qualification of the sensor or even experimental application (data logging) of the sensor there is an evaluation kit EK-H4 available including SHT71 (same sensor chip as SHT1x) and 4 sensor channels, hard and software to interface with a computer. For other evaluation kits please check www.sensirion.com/humidity.

Sensor Performance

Relative Humidity

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.4 8	0.05 12	0.05 12	%RH bit
Accuracy ² SHT10	typical maximal		±4.5 see Figure 2		%RH
Accuracy ² SHT11	typical maximal		±3.0 see Figure 2		%RH
Accuracy ² SHT15	typical maximal		±2.0 see Figure 2		%RH
Repeatability			±0.1		%RH
Hysteresis			±1		%RH
Non-linearity	linearized		<<1		%RH
Response time ³ τ (63%)			8		s
Operating Range		0		100	%RH
Long term drift ⁴	normal		< 0.5		%RH/yr

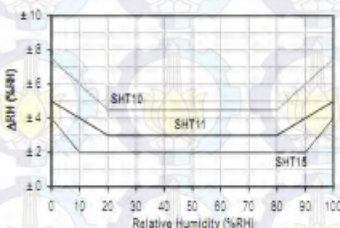


Figure 2: Maximal RH-tolerance at 25°C per sensor type.

Electrical and General Items

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Source Voltage		2.4	3.3	5.5	V
Power Consumption ⁵	sleep		2	5	μW
	measuring		3		mW
	average		90		μW
Communication	digital 2-wire interface, see Communication				
Storage	10 – 50°C (0 – 125°C peak), 20 – 80%RH				

¹ The default measurement resolution of is 14bit for temperature and 12bit for humidity. It can be reduced to 12bits by command to status register.

² Accuracies are tested at Outgoing Quality Control at 25°C (TTF) and 3.3V. Values exclude hysteresis and are applicable to non-condensing environments only.

³ Time for reaching 63% of a step function, valid at 25°C and 1 m/s airflow.

Temperature

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Resolution ¹		0.04 12	0.01 14	0.01 14	°C bit
Accuracy ² SHT10	typical maximal		±0.5 see Figure 3		°C
Accuracy ² SHT11	typical maximal		±0.4 see Figure 3		°C
Accuracy ² SHT15	typical maximal		±0.3 see Figure 3		°C
Repeatability			±0.1		°C
Operating Range		-40 -40		125.8 254.9	°C °F
Response Time ⁴ τ (63%)		5		80	s
Long term drift ⁴			< 0.04		°C/yr

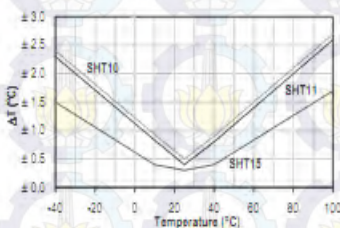


Figure 3: Maximal T-tolerance per sensor type.

Packaging Information

Sensor Type	Packaging	Quantity	Order Number
SHT10	Tape & Reel	2000	1-100018-04
	Tape & Reel	100	1-100051-04
SHT11	Tape & Reel	400	1-100098-04
	Tape & Reel	2000	1-100524-04
SHT15	Tape & Reel	100	1-100085-04
	Tape & Reel	400	1-100093-04

This datasheet is subject to change and may be amended without prior notice.

⁴ Value may be higher in environments with high contents of volatile organic compounds. See Section 1.3 of Users Guide.

⁵ Values for VDD=3V at 25°C, average value at one 12bit measurement per second.

⁶ Response time depends on heat capacity of and thermal resistance to sensor substrate.

following conditions: Temperature shall be in the range of 10°C – 50°C (0 – 125°C for limited time) and humidity at 20 – 80%RH (sensors that are not stored in ESD bags). For sensors that have been removed from the original packaging we recommend to store them in ESD bags made of metal-in PE-HD⁸.

In manufacturing and transport the sensors shall be prevented of high concentration of chemical solvents and long exposure times. Out-gassing of glues, adhesive tapes and stickers or out-gassing packaging material such as bubble foils, foams, etc. shall be avoided. Manufacturing area shall be well ventilated.

For more detailed information please consult the document "Handling Instructions" or contact Sensirion.

1.4 Reconditioning Procedure

As stated above extreme conditions or exposure to solvent vapors may offset the sensor. The following reconditioning procedure may bring the sensor back to calibration state:

Baking: 100 – 105°C at < 5%RH for 10h
Re-Hydration: 20 – 30°C at ~ 75%RH for 12h⁹

1.5 Temperature Effects

Relative humidity reading strongly depends on temperature. Therefore, it is essential to keep humidity sensors at the same temperature as the air of which the relative humidity is to be measured. In case of testing or qualification the reference sensor and test sensor must show equal temperature to allow for comparing humidity readings.

If the SHT1x shares a PCB with electronic components that produce heat it should be mounted in a way that prevents heat transfer or keeps it as low as possible. Measures to reduce heat transfer can be ventilation, reduction of copper layers between the SHT1x and the rest of the PCB or milling a slit into the PCB around the sensor (see Figure 8).



Figure 8: Top view of example of mounted SHT1x with slit milled into PCB to minimize heat transfer.

⁸ For example, 3M antistatic bag, product "191C" with copper.

⁹ 75%RH can conveniently be generated with saturated NaCl solution. 100 – 105°C correspond to 212 – 221°F, 20 – 30°C correspond to 68 – 86°F

Furthermore, there are self-heating effects in case the measurement frequency is too high. Please refer to Section 3.3 for detailed information.

1.6 Light

The SHT1x is not light sensitive. Prolonged direct exposure to sunshine or strong UV radiation may age the housing.

1.7 Membranes

SHT1x does not contain a membrane at the sensor opening. However, a membrane may be added to prevent dirt and droplets from entering the housing and to protect the sensor. It will also reduce peak concentrations of chemical vapors. For optimal response times the air volume behind the membrane must be kept minimal. Sensirion recommends and supplies the SF1 filter cap for optimal IP54 protection (for higher protection – i.e. IP67 - SF1 must be sealed to the PCB with epoxy). Please compare Figure 9.

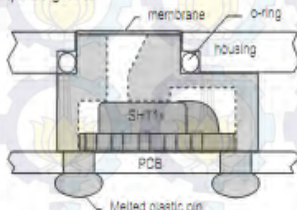


Figure 9: Side view of SF1 filter cap mounted between PCB and housing wall. Volume below membrane is kept minimal.

1.8 Materials Used for Sealing / Mounting

Many materials absorb humidity and will act as a buffer increasing response times and hysteresis. Materials in the vicinity of the sensor must therefore be carefully chosen. Recommended materials are: Any metals, LCP, POM (Delrin), PTFE (Teflon), PE, PEEK, PP, PB, PPS, PSU, PVDF, PVF.

For sealing and gluing (use sparingly): Use high filled epoxy for electronic packaging (e.g. glob top, underfill) and Silicone. Out-gassing of these materials may also contaminate the SHT1x (see Section 1.3). Therefore try to add the sensor as a last manufacturing step to the assembly, store the assembly well ventilated after manufacturing or bake at >50°C for 24h to outgas contaminants before packing.

1.9 Wiring Considerations and Signal Integrity

Carrying the SCK and DATA signal parallel and in close proximity (e.g. in wires) for more than 10cm may result in cross talk and loss of communication. This may be

resolved by routing VDD and/or GND between the two data signals and/or using shielded cables. Furthermore, slowing down SCK frequency will possibly improve signal integrity. Power supply pins (VDD, GND) must be decoupled with a 100nF capacitor if wires are used. Capacitor should be placed as close to the sensor as possible. Please see the Application Note "ESD, Latch-up and EMC" for more information.

1.10 ESD (Electrostatic Discharge)

ESD immunity is qualified according to MIL STD 883E, method 3015 (Human Body Model at ± 2 kV).

Latch-up immunity is provided at a force current of ± 100 mA with $T_{amb} = 80^\circ\text{C}$ according to JEDEC78A. See Application Note "ESD, Latch-up and EMC" for more information.

2 Interface Specifications

Pin	Name	Comment
1	GND	Ground
2	DATA	Serial Data, bidirectional
3	SCK	Serial Clock, input only
4	VDD	Source Voltage
NC	NC	Must be left unconnected

Table 1: SHT1x pin assignment, NC: remain floating

2.1 Power Pins (VDD, GND)

The supply voltage of SHT1x must be in the range of 2.4 – 5.5V, recommended supply voltage is 3.3V. Power supply pins Supply Voltage (VDD) and Ground (GND) must be decoupled with a 100 nF capacitor – see Figure 10.

The serial interface of the SHT1x is optimized for sensor readout and effective power consumption. The sensor cannot be addressed by I²C protocol; however, the sensor can be connected to an I²C bus without interference with other devices connected to the bus. The controller must switch between the protocols.

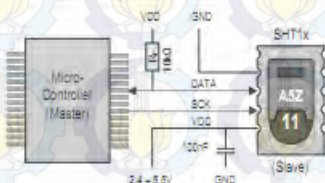


Figure 10: Typical application circuit, including pull-up resistor R_p and decoupling of VDD and GND by a capacitor.

2.2 Serial clock input (SCK)

SCK is used to synchronize the communication between microcontroller and SHT1x. Since the interface consists of fully static logic there is no minimum SCK frequency.

2.3 Serial data (DATA)

The DATA tri-state pin is used to transfer data in and out of the sensor. For sending a command to the sensor, DATA is valid on the rising edge of the serial clock (SCK) and must remain stable while SCK is high. After the falling edge of SCK the DATA value may be changed. For safe communication DATA valid shall be extended T_{au} and T_{dv} before the rising and after the falling edge of SCK, respectively – see Figure 11. For reading data from the sensor, DATA is valid T_v after SCK has gone low and remains valid until the next falling edge of SCK.

To avoid signal contention the microcontroller must only drive DATA low. An external pull-up resistor (e.g. 10k Ω) is required to pull the signal high – it should be noted that pull-up resistors may be included in I/O circuits of microcontrollers. See Table 2 for detailed I/O characteristics of the sensor.

2.4 Electrical Characteristics

The electrical characteristics such as power consumption, low and high level input and output voltages depend on the supply voltage. Table 2 gives electrical characteristics of SHT1x with the assumption of 5V supply voltage. If not stated otherwise.

Parameter	Condition	min	typ	max	Units
Power supply DC ¹		2.4	3.3	5.5	V
Supply current	measuring	0.55	1		mA
	average ¹	2	25		μA
	sleep	0.3	1.5		μA
Low level output voltage	$I_{OL} < 4$ mA	0		250	mV
High level output voltage	$R_L < 25$ k Ω	80%		100%	VDD
Low level input voltage	Negative going	0%		20%	VDD
High level input voltage	Positive going	80%		100%	VDD
Input current on pads				1	μA
Output current	on			4	mA
	Tri-stated (off)		10	20	μA

Table 2: SHT1x DC characteristics. R_p stands for pull up resistor, while I_{OL} is low level output current.

¹ Recommended voltage supply for highest accuracy is 3.3V, due to sensor calibration.

² Minimum value with one measurement of 8bit resolution without OTR (oled) per second. Typical value with one measurement of 12bit resolution per second.

Absolute maximum ratings for VDD versus GND are +7V and -0.3V. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect the sensor reliability (e.g. hot carrier degradation, oxide breakdown). For proper communication with the sensor it is essential to make sure that signal design is strictly within the limits given in Table 3 and Figure 11.

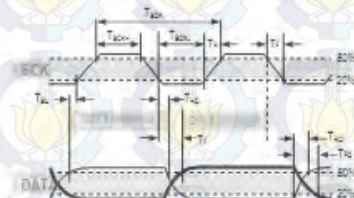


Figure 11: Timing Diagram, abbreviations are explained in Table 3. Bold DATA line is controlled by the sensor, plain DATA line is controlled by the micro-controller. Note that DATA valid read time is triggered by falling edge of anterior toggle.

Parameter	Conditions	min	typ	max	Units
F_{SCK}	SCK Frequency	VDD > 4.5V	0	0.1	5 MHz
		VDD < 4.5V	0	0.1	1 MHz
T_{ack}	SCK hi/low time		100		ns
T_{sk}/T_{skl}	SCK rise/fall time		1	200	ns
T_{dL}	DATA fall time	OL = 5pF	3.5	10	20 ns
		OL = 100pF	30	40	200 ns
T_{dL}	DATA rise time		**	**	ns
T_{dv}	DATA valid time		200	250	ns
T_{dsu}	DATA setup time		100	150	ns
T_{dhd}	DATA hold time		10	15	ns

* $T_{sk} + T_{skl} = (F_{SCK})^{-1} - T_{ack} - T_{dv}$

** T_{dL} is determined by the RC time-constant at DATA line

*** T_{dL} and $T_{dL_{OL}}$ depend on external pull-up resistor (R_u) and total bus line capacitance (C_{bus}) at DATA line

**** $T_{dhd} < T_{dv} - \max(T_{dsu}, T_{skl})$

Table 3: SHT1x I/O signal characteristics, OL stands for Output Load, entries are displayed in Figure 11.

3 Communication with Sensor

3.1 Start up Sensor

As a first step the sensor is powered up to chosen supply voltage VDD. The slow rate during power up shall not fall below 1V/ms. After power-up the sensor needs 11ms to get to Sleep State. No commands must be sent before that time.

3.2 Sending a Command

To initiate a transmission, a Transmission Start sequence has to be issued. It consists of a lowering of the DATA line while SCK is high, followed by a low pulse on SCK and raising DATA again while SCK is still high – see Figure 12.



Figure 12: "Transmission Start" sequence

The subsequent command consists of three address bits (only '000' is supported) and five command bits. The SHT1x indicates the proper reception of a command by pulling the DATA pin low (ACK bit) after the falling edge of the 8th SCK clock. The DATA line is released (and goes high) after the falling edge of the 9th SCK clock.

Command	Code
Reserved	0000x
Measure Temperature	00011
Measure Relative Humidity	00101
Read Status Register	00111
Write Status Register	00110
Reserved	0101x-1110x
Soft reset, resets the interface, clears the status register to default values. Wait minimum 11 ms before next command	11110

Table 4: SHT1x list of commands

3.3 Measurement of RH and T

After issuing a measurement command ('00000101' for relative humidity, '00000011' for temperature) the controller has to wait for the measurement to complete. This takes a maximum of 20/80/320 ms for a 8/12/14bit measurement. The time varies with the speed of the internal oscillator and can be lower by up to 30%. To signal the completion of a measurement, the SHT1x pulls data line low and enters Idle Mode. The controller must wait for this Data Ready signal before restarting SCK to readout the data. Measurement data is stored until readout, therefore the controller can continue with other tasks and readout at its convenience.

Two bytes of measurement data and one byte of CRC checksum (optional) will then be transmitted. The micro controller must acknowledge each byte by pulling the DATA line low. All values are MSB first, right justified (e.g. the 5th SCK is MSB for a 12bit value, for a 8bit result the first byte is not used).

Communication terminates after the acknowledge bit of the CRC data. If CRC-8 checksum is not used the controller may terminate the communication after the measurement data LSB by keeping ACK high. The device automatically returns to Sleep Mode after measurement and communication are completed.

Important: To keep self heating below 0.1°C, SHT1x should not be active for more than 10% of the time – e.g. maximum one measurement per second at 12bit accuracy shall be made.

3.4 Connection reset sequence

If communication with the device is lost the following signal sequence will reset the serial interface: While leaving DATA high, toggle SCK nine or more times – see Figure 13. This must be followed by a Transmission Start sequence preceding the next command. This sequence resets the interface only. The status register preserves its content.

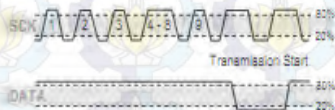


Figure 13: Connection Reset Sequence

3.5 CRC Checksum calculation

The whole digital transmission is secured by an 8bit checksum. It ensures that any wrong data can be detected and eliminated. As described above this is an additional feature of which may be used or abandoned. Please consult Application Note "CRC Checksum" for information on how to calculate the CRC.

3.6 Status Register

Some of the advanced functions of the SHT1x such as selecting measurement resolution, end-of-battery notice, use of OTP reload or using the heater may be activated by sending a command to the status register. The following section gives a brief overview of these features.

After the command Status Register Read or Status Register Write – see Table 4 – the content of 8 bits of the status register may be read out or written. For the communication compare Figure 14 and Figure 15 – the assignment of the bits is displayed in Table 5.



Figure 14: Status Register Write



Figure 15: Status Register Read

Examples of full communication cycle are displayed in Figure 16 and Figure 17

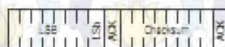
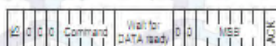


Figure 16: Overview of Measurement Sequence. TS = Transmission Start, MSB = Most Significant Byte, LSB = Last Significant Byte, Lsb = Last Significant Bit

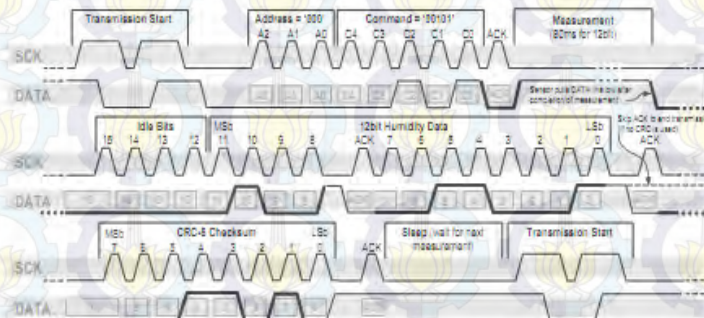


Figure 17: Example RH measurement sequence for value '0000100000110001' = 1073 = 35.50%RH (without temperature compensation). DATA valid times are given and referenced in boxes on DATA line. Bold DATA lines are controlled by sensor while plain lines are controlled by the micro-controller.

Bit	Type	Description	Default
7		reserved	0
6	R	End of Battery (low voltage detection) 0' for VDD > 2.47 1' for VDD < 2.47	X No default value, bit is only updated after a measurement
5		reserved	0
4		reserved	0
3		For Testing only, do not use	0
2	R/W	Heater	0 off
1	R/W	no reload from OTP	0 reload
0	R/W	11' = 8bit RH / 12bit Temp. resolution 0' = 12bit RH / 14bit Temp. resolution	0 12bit RH / 14bit Temp.

Table 5: Status Register Bits

Measurement resolution: The default measurement resolution of 14bit (temperature) and 12bit (humidity) can be reduced to 12 and 8bit. This is especially useful in high speed or extreme low power applications.

End of Battery function detects and notifies VDD voltages below 2.47V. Accuracy is $\pm 0.05V$.

Heater: An on chip heating element can be addressed by writing a command into status register. The heater may increase the temperature of the sensor by $5 \sim 10^{\circ}C^{12}$ beyond ambient temperature. The heater draws roughly 8mA @ 5V supply voltage.

For example the heater can be helpful for functionality analysis: Humidity and temperature readings before and after applying the heater are compared. Temperature shall increase while relative humidity decreases at the same time. Dew point shall remain the same.

Please note: The temperature reading will display the temperature of the heated sensor element and not ambient temperature. Furthermore, the sensor is not qualified for continuous application of the heater.

OTP reload: With this operation the calibration data is uploaded to the register before each measurement. This may be deactivated for reducing measurement time by about 10ms.

4 Conversion of Signal Output

4.1 Relative Humidity

For compensating non-linearity of the humidity sensor – see Figure 18 – and for obtaining the full accuracy of the sensor it is recommended to convert the humidity readout

¹² Corresponds to $9 \sim 18^{\circ}F$

(SO_{RH}) with the following formula with coefficients given in Table 6:

$$RH_{\text{corr}} = c_1 + c_2 \cdot SO_{RH} + c_3 \cdot SO_{RH}^2 \quad (\%RH)$$

SO_{RH}	c_1	c_2	c_3
12 bit	-2.0488	0.0367	-1.5955E-6
8 bit	-2.0488	0.5872	-4.0845E-4

Table 6: Humidity conversion coefficients

Values higher than 98% RH indicate fully saturated air and must be processed and displayed as 100%RH¹³. Please note that the humidity sensor has no significant voltage dependency.

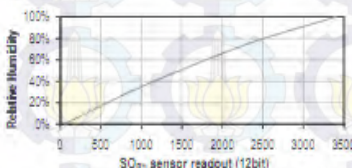


Figure 18: Conversion from SO_{RH} to relative humidity

4.2 Temperature compensation of Humidity Signal

For temperatures significantly different from $25^{\circ}C$ ($+77^{\circ}F$) the humidity signal requires temperature compensation. The temperature correction corresponds roughly to $0.12\%RH/^{\circ}C$ @ $50\%RH$. Coefficients for the temperature compensation are given in Table 7.

$$RH_{T_{25}} = (T_{25} - 25) \cdot (t_1 + t_2 \cdot SO_{RH}) + RH_{\text{corr}}$$

SO_{RH}	t_1	t_2
12 bit	0.01	0.00008
8 bit	0.01	0.00128

Table 7: Temperature compensation coefficients

4.3 Temperature

The band-gap PTAT (Proportional To Absolute Temperature) temperature sensor is very linear by design. Use the following formula to convert digital readout (SO_T) to temperature value, with coefficients given in Table 8:

$$T = d_1 + d_2 \cdot SO_T$$

¹³ If heated excessively (strong condensation of water on sensor surface), sensor output signal can drop below 100%RH (even below 0%RH in some cases), but the sensor will recover completely when water droplets evaporate. The sensor is not damaged by water immersion or condensation.

VDD	d1(°C)	d1(°F)	SCr	d1(°C)	d1(°F)
5V	-40.1	-40.2	14bit	0.01	0.018
4V	-39.8	-39.6	12bit	0.04	0.072
3.5V	-39.7	-39.5			
3V	-39.8	-39.5			
2.5V	-39.4	-38.9			

Table 8: Temperature conversion coefficients

4.4 Dew Point

SHT1x is not measuring dew point directly, however dew point can be derived from humidity and temperature readings. Since humidity and temperature are both measured on the same monolithic chip, the SHT1x allows superb dew point measurements.

For dew point (T_d) calculations there are various formulas to be applied, most of them quite complicated. For the temperature range of -40 – 50°C the following approximation provides good accuracy with parameters given in Table 9:

$$T_d(RH, T) = T_n \cdot \frac{\ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) + \frac{m \cdot T}{T_n + T}}{m - \ln\left(\frac{RH}{100\%}\right) - \frac{m \cdot T}{T_n + T}}$$

Temperature Range	T_n (°C)	m
Above water, 0 – 50°C	243.12	17.52
Above ice, -40 – 0°C	272.62	22.46

Table 9: Parameters for dew point (T_d) calculation

Please note that $\ln(\dots)$ denotes the natural logarithm. For RH and T the linearized and compensated values for relative humidity and temperature shall be applied.

For more information on dew point calculation see Application Note "Introduction to Humidity".

5 Environmental Stability

If sensors are qualified for assemblies or devices, please make sure that they experience same conditions as the reference sensor. It should be taken into account that response times in assemblies may be longer, hence enough dwell time for the measurement shall be granted. For detailed information please consult Application Note "Qualification Guide".

The SHT1x sensor series were tested according to AEC-Q100 Rev. G qualification test method. Sensor specifications are tested to prevail under the AEC-Q100

temperature grade 2 test conditions listed in Table 10¹⁴. Sensor performance under other test conditions cannot be guaranteed and is not part of the sensor specifications. Especially, no guarantee can be given for sensor performance in the field or for customer's specific application.

Please contact Sensirion for detailed information.

Environment	Standard	Results ¹⁵
HTSL	125°C, 1000 hours	Within specifications
TC	-50°C – 125°C, 1000 cycles Acc. JESD22-A104-C	Within specifications
UHST	130°C / 85%RH / ≈2.3bar; 96h	Within specifications
THU	65°C / 85%RH, 1000h	Within specifications
ESD Immunity	MIL-STD-883E, method 3015 (Human Body Model at ±2kV)	Qualified
Latch-up	force current of ±100mA with $T_{amb} = 85^\circ\text{C}$, acc. JEDEC 17	Qualified

Table 10: Qualification tests: HTSL = High Temperature Storage Lifetime; TC = Temperature Cycles; UHST = Unbiased Highly accelerated Stress Test; THB = Temperature Humidity Unbiased

6 Packaging

6.1 Packaging type

SHT1x are supplied in a surface mountable LCC (Leadless Chip Carrier) type package. The sensor housing consists of a Liquid Crystal Polymer (LCP) cap with epoxy glob top on a standard 0.8mm FR4 substrate. The device is fully RoHS and WEEE compliant – it is free of Pb, Cd, Hg, Cr(6+), PBB and PBDE.

Device size is 7.47 x 4.93 x 2.5 mm (0.29 x 0.19 x 0.1 inch); see Figure 1, weight is 100 mg.

6.2 Traceability Information

All SHT1x are marked with an alphanumeric, three digit code on the chip cap – see "A5Z" on Figure 1. The lot numbers allow full traceability through production, calibration and testing. No information can be derived from the code directly; respective data is stored at Sensirion and is provided upon request.

Labels on the reels are displayed in Figures 19 and 20, they both give traceability information.

¹⁴ Sensor operation temperature range is -40 to 105°C according to AEC-Q100 temperature grade 2.

¹⁵ According to accuracy and long term drift specification given on Page 2.

DT-SENSE SHT11 MODULE

DT-Sense SHT11 Module merupakan suatu modul sensor suhu dan kelembaban yang berbasis Sensirion SHT11 (www.sensirion.com) dengan antarmuka Two-Wire Serial Interface. Modul ini dapat diaplikasikan dalam sistem pengendali suhu dalam ruang atau sistem weather station.

Spesifikasi Hardware

1. Range suhu : $+40^{\circ}\text{C}$ ($+104^{\circ}\text{F}$) hingga $+123,8^{\circ}\text{C}$ ($+254,9^{\circ}\text{F}$)
2. Akurasi suhu : $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada 25°C
3. Range kelembaban : 0 hingga 100% RH
4. Akurasi RH absolut : $\pm 4,3,5\%$ RH
5. Faktor bentuk : 8 pin DIP - 0,8"
6. Konsumsi daya rendah (tipikal 30 μW)
7. Tegangan supply +5 VDC

Tata Letak

Pin	Fungsi
1	Data
3	Clock
4	Ground
8	+5 VDC



DT-SENSE SHT11 MODULE

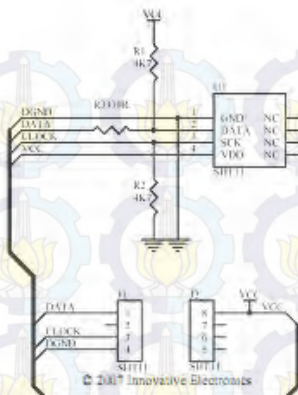
DT-Sense SHT11 Module merupakan suatu modul sensor suhu dan kelembaban yang berbasis Sensirion SHT11 (www.sensirion.com) dengan antarmuka Two-Wire Serial Interface. Modul ini dapat diaplikasikan dalam sistem pengendali suhu dalam ruang atau sistem weather station.

Spesifikasi Hardware

1. Range suhu : $+40^{\circ}\text{C}$ ($+104^{\circ}\text{F}$) hingga $+123,8^{\circ}\text{C}$ ($+254,9^{\circ}\text{F}$)
2. Akurasi suhu : $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada 25°C
3. Range kelembaban : 0 hingga 100% RH
4. Akurasi RH absolut : $\pm 4,3,5\%$ RH
5. Faktor bentuk : 8 pin DIP - 0,8"
6. Konsumsi daya rendah (tipikal 30 μW)
7. Tegangan supply +5 VDC

Tata Letak

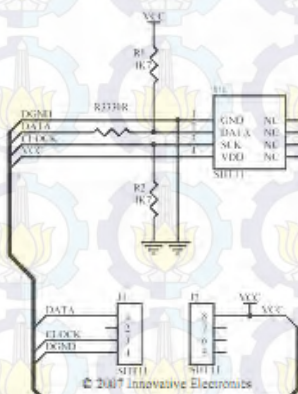
Pin	Fungsi
1	Data
3	Clock
4	Ground
8	+5 VDC



Aplikasi terdapat di www.innovativeelectronics.com

- Terima Kasih atas kepercayaan Anda menggunakan produk kami. Bila ada kesulitan, pertanyaan atau saran mengenai produk ini silahkan menghubungi technical support kami:

support@innovativeelectronics.com



Aplikasi terdapat di www.innovativeelectronics.com

- Terima Kasih atas kepercayaan Anda menggunakan produk kami. Bila ada kesulitan, pertanyaan atau saran mengenai produk ini silahkan menghubungi technical support kami:

support@innovativeelectronics.com

Sensirion SHT11 Sensor Module

AN-10

Oleh: Tim Digiware

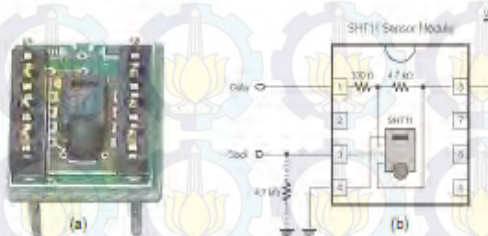
Aplikasi kali ini akan membuat sebuah weather station sederhana yang akan mengukur suhu atau kelembaban relatif lalu data pengukuran dikirimkan ke komputer untuk ditampilkan pada layar monitor dengan bantuan program Terminal®. Dalam aplikasi ini digunakan Sensirion SHT11 Sensor Module yaitu modul sensor buatan PARALLAX berbasis sensor suhu dan kelembaban relatif SHT11 yang memiliki output digital terkalibrasi dan antarmuka 2-wire.

Aplikasi ini membutuhkan:

- 1 DT-51™ Low Cost Nano System,
- 1 AT89C4051,
- 1 Sensirion SHT11 Sensor Module.

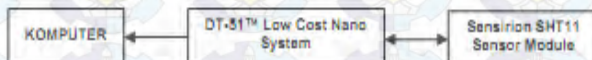
Sensirion SHT11 Sensor Module memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- Range suhu : $+40^{\circ}\text{C}$ sampai $+123,8^{\circ}\text{C}$,
- Akurasi suhu : $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ pada suhu 25°C ,
- Range kelembaban : 0 sampai 100% RH,
- Akurasi absolut RH : $\pm 3,5\%$ RH,
- Catu daya : typ. 5 VDC,
- Konsumsi daya : typ. 30 μW .



Gambar 1
Sensirion SHT11 Sensor Module (a) dan Diagram Pengkabelannya (b)

Adepan blok diagram sistem secara keseluruhan adalah sebagai berikut:



Gambar 2
Blok Diagram AN-10

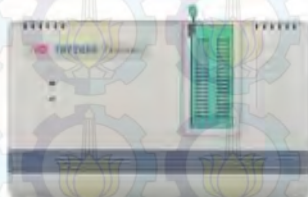
Hubungan antara modul-modul tersebut adalah sebagai berikut:

DT-51™ Low Cost Nano System	Sensirion SHT11 Sensor Module
GND	Vss (pin 4)
VCC	Vdd (pin 8)
Pt.0*	Clock (pin 3)
Pt.1*	Data (pin 1)

* Pin ini tidak mutlak dan dapat diganti pin lain tetapi harus mengubah program

Tabel 1
Hubungan DT-51™ Low Cost Nano System dengan Sensirion SHT11 Sensor Module

Gunakan kabel serial DT-51™ Low Cost Nano System untuk menghubungkan modul ke COM port komputer. Lepaslah AT89C2051 dari board DT-51™ Low Cost Nano System dan pakailah AT89C4051, tetapi sebelumnya programlah AT89C4051 tersebut dengan sht11_temp.hex (untuk pengukuran suhu) atau sht11_humi.hex (untuk pengukuran kelembaban) menggunakan TOP2004 Universal Programmer atau DT-HIQ Programmer atau DT-51™ MinSys v3.0 + DT-51™ ProgPAL atau divisi paralel programmer lain. Setelah terisi dengan sht11_temp.hex atau sht11_humi.hex, pasanglah AT89C4051 ke board DT-51™ Low Cost Nano System. Setelah rangkaian dan sumber tegangan terhubung dengan benar, jalankan program Terminal® atau HyperTerminal® pada mode 8 bit data, 1 bit stop, tanpa bit parity, tanpa flow control, dan baudrate 9600 bps.



Gambar 3
TOP2004 Universal Programmer

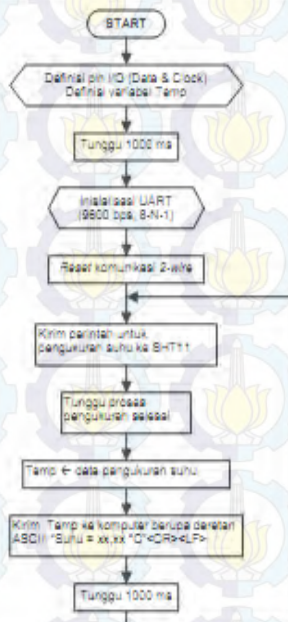
Program utama untuk pengukuran suhu (sht11_temp.c) akan diproses sebagai berikut:

1. Proses yang pertama kali dilakukan adalah menentukan definisi pin I/O (Data & Clock) untuk komunikasi serial 2-wire. Dan deklarasi variabel Temp sebagai tempat untuk menampung data pengukuran suhu.
2. Program menunggu selama 1000 ms, lalu melakukan inisialisasi komunikasi serial UART yaitu pada baudrate 9600 bps, 8 bit data, tanpa bit parity, 1 bit stop.
3. Proses selanjutnya yaitu mereset jalur komunikasi serial 2-wire dengan memberi logika '1' pada pin Data dan memberikan pulsa pada pin Clock sebanyak 9 kali lalu dikus dengan kondisi start. Proses ini dilakukan oleh prosedur SHT_Connection_Reset.
4. Setelah itu, program akan mengirimkan perintah ke SHT11 untuk melakukan pengukuran suhu. Kemudian menunggu sampai proses pengukuran selesai yaitu saat pin Data berlogika '0'. Mengambil data pengukuran dan mengolahnya dengan rumus pengukuran suhu lalu disimpan ke dalam variabel Temp. Proses ini dilakukan oleh fungsi SHT_Measure_Temp.
5. Kemudian program mengirimkan data dan variabel Temp ke komputer berupa deretan karakter ASCII: "Suhu = xx.xx °C\r\n"><LF>. Nilai x merupakan hasil pengukuran suhu, misalnya hasil pengukuran

sebesar 35.26 maka Terminal® akan menampilkan "Suhu = 35.26 °C". (Terminal® diatur pada baudrate 9600 bps, 8 bit data, tanpa bit parity, 1 bit stop, dan tanpa flow control)

6. Program akan berhenti selama 1000 ms. Setelah itu program kembali ke langkah nomor 4.

Flowchart program untuk pengukuran suhu (sht11_temp.c) adalah sebagai berikut:



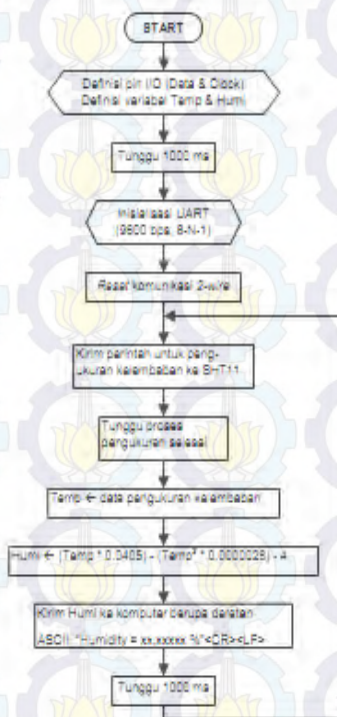
Gambar 4
Flowchart Program Utama untuk Pengukuran Suhu

Program utama untuk pengukuran kelembaban (sht11_humi.c) akan diproses sebagai berikut:

1. Proses yang pertama kali dilakukan adalah menentukan definisi pin I/O (Data & Clock) untuk komunikasi serial 2-wire. Dan deklarasi variabel Temp & Humi sebagai tempat untuk menampung dan mengolah data pengukuran kelembaban.
2. Program menunggu selama 1000 ms, lalu melakukan inisialisasi komunikasi serial UART yaitu pada baudrate 9600 bps, 8 bit data, tanpa bit parity, 1 bit stop.
3. Proses selanjutnya yaitu mereset jalur komunikasi serial 2-wire dengan memberi logika '1' pada pin Data dan memberikan pulsa pada pin Clock sebanyak 9 kali lalu dikus dengan kondisi start. Proses ini dilakukan oleh prosedur SHT_Connection_Reset.
4. Setelah itu, program akan mengirimkan perintah ke SHT11 untuk melakukan pengukuran kelembaban. Kemudian menunggu sampai proses pengukuran selesai yaitu saat pin Data bernilai '0'. Mengambil data pengukuran kelembaban lalu disimpan ke dalam variabel Temp. Proses ini dilakukan oleh fungsi SHT_Measure_Humidity.

5. Lalu mengolah data dari variabel Temp dengan rumus $((Temp * 0.0405) + (Temp^2 * 0.0000029) + 4)$, dan hasilnya disimpan ke dalam variabel Humi.
6. Kemudian program mengirimkan data dari variabel Humi ke komputer berupa deretan ASCII: "Humidity = xx.xxxxx %"<CR><LF>. Nilai x merupakan hasil pengukuran kelembaban, misalnya hasil pengukurannya sebesar 70,26354 maka Terminal2 akan menampilkan "Humidity = 70.26354 %". (Terminal2 diatur pada baudrate 9600 bps, 8 bit data, tanpa bit parity, 1 bit stop, dan tanpa flow control)
7. Program akan berhenti selama 1000 ms. Setelah itu program kembali ke langkah nomor 4.

Flowchart program untuk pengukuran kelembaban (sh11_humi.c) adalah sebagai berikut:



Gambar 5
Flowchart Program Utama untuk Pengukuran Kelembaban

Ukuran program untuk pengukuran kelembaban ini besarnya hampir mencapai 4K byte, hal ini karena menggunakan fasilitas uC51 yaitu fungsi printf untuk menampilkan variabel berupa floating point.

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 – 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 – 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 – 8 MHz for ATmega16L
 - 0 – 16 MHz for ATmega16



8-bit AVR[®]
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

Preliminary

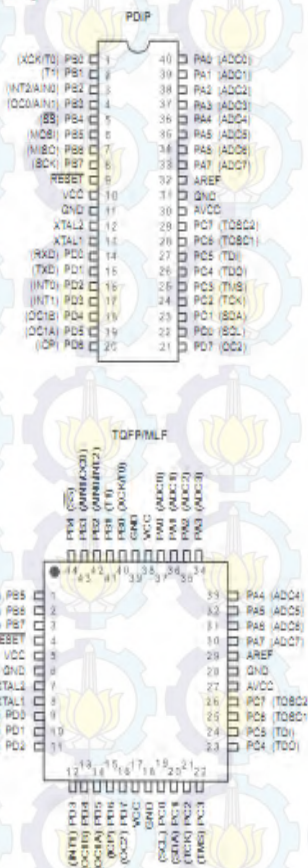
Rev. 2465E-AVR-1/02





Pin Configurations

Figure 1. Pins of ATmega16



Disclaimer

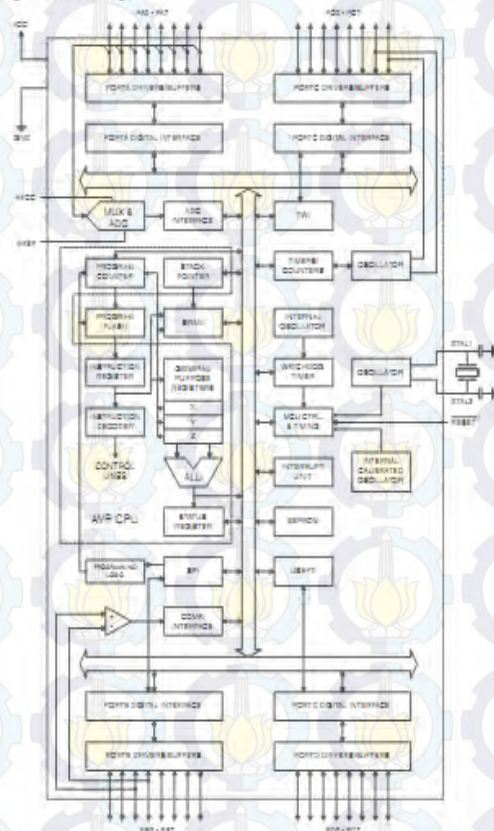
Typical values contained in this data sheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

Axial Lead Standard Recovery Rectifiers

This data sheet provides information on subminiature size, axial lead mounted rectifiers for general-purpose low-power applications.

Features

- Shipped in Plastic Bags, 1000 per bag
- Available Tape and Reel, 5000 per reel, by adding a "RL" suffix to the part number
- Available in Fan-Fold Packaging, 3000 per box, by adding a "FF" suffix to the part number
- Pb-Free Packages are Available

Mechanical Characteristics

- Case: Epoxy, Molded
- Weight: 0.4 gram (approximately)
- Finish: All External Surfaces Corrosion Resistant and Terminal Leads are Readily Solderable
- Lead and Mounting Surface Temperature for Soldering Purposes: 260°C Max. for 10 Seconds, 1/16 in. from case
- Polarity: Cathode Indicated by Polarity Band

ON Semiconductor®

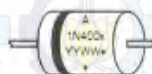
<http://onsemi.com>

LEAD MOUNTED RECTIFIERS 50-1000 VOLTS DIFFUSED JUNCTION



CASE 50-10
AXIAL LEAD
PLASTIC

MARKING DIAGRAM



A = Assembly Location
1N400x = Device Number
x = 1, 2, 3, 4, 5, 6 or 7
YY = Year
WW = Week
* = Pb-Free Package
(Note: Microdot may be in either location)

ORDERING INFORMATION

See detailed ordering and marking information on page 5 of this data sheet.

*For additional information on our Pb-Free strategy and soldering details, please download the ON Semiconductor Soldering and Mounting Techniques Reference Manual, SOLDERRM/D.

1N4001, 1N4002, 1N4003, 1N4004, 1N4005, 1N4006, 1N4007

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage Working Peak Reverse Voltage DC Blocking Voltage	V_{RRM} V_{WRM} V_R	50	100	200	400	600	800	1000	V
Non-Repetitive Peak Reverse Voltage (half-wave, single phase, 60 Hz)	V_{RSU}	50	120	240	480	720	1000	1200	V
TRMS Reverse Voltage	V_{RRMS}	35	70	140	280	420	580	700	V
Average Rectified Forward Current (single phase, resistive load, 60 Hz, $T_J = 75^\circ\text{C}$)	I_F	1.0							A
Non-Repetitive Peak Surge Current (surge applied at rated load conditions)	I_{FSM}	50 (for 1 cycle)							A
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J T_{stg}	-55 to $+75$							$^\circ\text{C}$

Stresses exceeding Maximum Ratings may damage the device. Maximum Ratings are stress ratings only. Functional operation above the Recommended Operating Conditions is not implied. Extended exposure to stresses above the Recommended Operating Conditions may affect device reliability.
†Indicates JEDEC Registered Data.

THERMAL CHARACTERISTICS

Rating	Symbol	Max	Unit
Maximum Thermal Resistance, Junction-to-Ambient	$R_{\theta JA}$	Noted †	$^\circ\text{C/W}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS†

Rating	Symbol	Typ	Max	Unit
Maximum Instantaneous Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 25^\circ\text{C}$)	v_F	0.93	1.1	V
Maximum Full-Cycle Average Forward Voltage Drop, ($I_F = 1.0$ Amp, $T_J = 75^\circ\text{C}$, 1 (non-load))	V_{FAV}	—	0.8	V
Maximum Reverse Current (rated DC voltage) ($T_J = 25^\circ\text{C}$) ($T_J = 100^\circ\text{C}$)	I_R	0.25 1.0	10 50	μA
Maximum Full-Cycle Average Reverse Current, ($I_R = 1.0$ Amp, $T_J = 75^\circ\text{C}$, 1 (non-load))	(I_{RAV})	—	30	μA

†Indicates JEDEC Registered Data.

Amplifier Transistors

NPN Silicon

BC546, B
BC547, A, B, C
BC548, A, B, C



MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	BC 546	BC 547	BC 548	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	65	45	30	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CB0}	60	50	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EB0}	6.0		30	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	100			mA dc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625		500	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5		12	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150			°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS					
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0\text{ mA}$, $I_B = 0$)	BC546	65	—	—	V
	BC547	45	—	—	V
	BC548	30	—	—	V
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$)	BC546	60	—	—	V
	BC547	50	—	—	V
	BC548	30	—	—	V
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10\text{ }\mu\text{A}$, $I_C = 0$)	BC546	6.0	—	—	V
	BC547	6.0	—	—	V
	BC548	6.0	—	—	V
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 70\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 60\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 35\text{ V}$, $V_{BE} = 0$) ($V_{CE} = 30\text{ V}$, $T_A = 125^\circ\text{C}$)	BC546	—	0.2	15	nA
	BC547	—	0.2	15	nA
	BC548	—	0.2	15	nA
	BC546/547/548	—	—	4.0	μA
	BC546/547/548	—	—	—	μA

BC546, B BC547, A, B, C BC548, A, B, C

 ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS					
DC Current Gain ($I_C = 10\ \mu\text{A}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	β_{DC}	—	90	—	—
	BC547A/548A	—	150	—	—
	BC548B/547B/548B	—	270	—	—
	BC548C	—	—	—	—
($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC546	110	—	450	—
	BC547	110	—	800	—
	BC548	110	—	800	—
	BC547A/548A	110	180	220	—
	BC548B/547B/548B	200	260	>50	—
	BC547C/BC548C	420	520	800	—
($I_C = 100\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	BC547A/548A	—	120	—	—
	BC548B/547B/548B	—	180	—	—
	BC548C	—	300	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$) ($I_C = 100\ \text{mA}$, $I_B = 5.0\ \text{mA}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = \text{See Note 1}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.09 0.2 0.3	0.25 0.8 0.8	V
Base-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 10\ \text{mA}$, $I_B = 0.5\ \text{mA}$)	$V_{BE(sat)}$	—	0.7	—	V
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$) ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$)	$V_{BE(on)}$	0.55	—	0.7 0.77	V
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS					
Current-Gain — Bandwidth Product ($I_C = 10\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 100\ \text{MHz}$)	f_T	150 150 150	300 300 300	—	MHz
	BC546	—	—	—	—
	BC547	—	—	—	—
	BC548	—	—	—	—
Output Capacitance ($V_{CB} = 10\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{ob}	—	1.7	4.5	pF
Input Capacitance ($V_{BE} = 0.5\ \text{V}$, $I_C = 0$, $f = 1.0\ \text{MHz}$)	C_{ib}	—	10	—	pF
Small-Signal Current Gain ($I_C = 2.0\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $f = 1.0\ \text{kHz}$)	h_{fe}	125 125 125 240 450	— — 220 330 600	500 900 260 500 900	—
	BC546	—	—	—	—
	BC547/548	—	—	—	—
	BC547A/548A	—	—	—	—
	BC548B/547B/548B	—	—	—	—
	BC547C/548C	—	—	—	—
Noise Figure ($I_C = 0.2\ \text{mA}$, $V_{CE} = 5.0\ \text{V}$, $R_S = 2\ \text{k}\Omega$, $f = 1.0\ \text{kHz}$, $\Delta f = 200\ \text{Hz}$)	NF	—	2.0 2.0 2.0	10 10 10	dB
	BC546	—	—	—	—
	BC547	—	—	—	—
	BC548	—	—	—	—

 Note 1: I_B is a value for which $I_C = 10\ \text{mA}$ at $V_{CE} = 1.0\ \text{V}$.

LAMPIRAN C BENTUK ALAT

1. Gambar alat keseluruhan.



2. Gambar mekanik *water cooler* dan *humidifier*.



